



## GUIDE DE DIMENSIONNEMENT, DE CONSTRUCTION ET DE FONCTIONNEMENT

Filtre planté horizontal de petite taille

# TOOLBOX

GUIDE DE DIMENSIONNEMENT, DE CONSTRUCTION

ET DE

FONCTIONNEMENT

FILTRE PLANTÉ HORIZONTAL DE PETITE TAILLE

Table des illustrations	6
Liste des tableaux	6
Vocabulaire technique	6
Liste des abréviations	7
Introduction	8
<b>1 Généralités sur les filtres plantés</b>	10
1.1. Filtre planté à flux vertical	11
1.2. Filtre planté à flux Horizontal	11
<b>2 Filtre planté horizontal à gravier</b>	13
2.1. Fonctionnement du filtre planté	13
2.1.1. Principe	13
2.1.2. Végétaux utilisés	13
2.2. Filière de traitement	14
2.2.1. Types d'eaux usées	14
2.2.2. Prétraitement	15
2.2.3. Traitement primaire	15
2.2.4. Traitement secondaire	16
2.2.5. Traitement tertiaire	16
2.2.6. Performances épuratrices	16
2.2.7. Valorisation	18
2.2.8. Exutoire	18
2.3. Avantages et Inconvénients	19
<b>3. Dimensionnement du filtre planté horizontal</b>	21
3.1. Profondeur du filtre planté	21
3.2. Pente du filtre planté	21
3.3. Surface du filtre planté	21
3.3.1. Méthode basée sur l'estimation de la température :	21
3.3.2. Méthode basée sur la charge surfacique en DBO5 :	22
3.3.3. Méthode basée sur la charge hydraulique et la température :	22
3.4. Géométrie	23
<b>4. Construction du filtre planté horizontal</b>	25
4.1. Conditions de sécurité	25
4.2. Construction du filtre planté horizontal	25
4.2.1. Terrassement et dalle	25
4.2.2. Maçonnerie des parois	25
4.2.3. Etanchéification	26
4.2.4. Pose des canalisations d'alimentation, d'entrée et de sortie, du système de répartition et du drain	27
4.2.5. Installation électrique (optionnel) : fosse de relevage	30
4.2.6. Système de répartition et drain	31
4.2.7. Substrat en gravier	32
4.2.8. Plantation	33
4.2.9. Pourtours du bassin	33
4.3. Procédure de mise en service	34
4.4. Coûts de construction et d'exploitation	34
<b>5. Entretien et gestion du filtre planté horizontal</b>	36
5.1. Risques liés aux conditions climatiques	36
5.2. Mesures de protection du filtre planté	36
5.3. Entretien	36
5.3.1. Entretien régulier	36
5.3.2. Vérification du niveau d'eau dans le filtre planté	37
5.3.3. Intégrité des différents constituants	37
5.3.4. Entretien du dispositif de traitement primaire	37
5.3.5. Contrôle de développement végétatif et enlèvement des objets exogènes	37
5.3.6. Entretien de la pompe (en cas de relevage des eaux usées)	38
5.3.7. Entretien du dégraisseur	38
5.3.8. Pannes du filtre : causes possibles et solutions	38
5.4. Précautions	38
5.5. Analyse chimique	39
<b>Bibliographie</b>	41

## Table des illustrations

Figure 1 : Schéma explicatif des filtres plantés vertical et horizontal.....	6
Figure 2 : Coupe longitudinale d'un filtre planté horizontal à gravier.....	8
Figure 3 : Filière de traitement des eaux par filtre planté et valorisations potentielles associées.....	9
Figure 4 : Profondeur du filtre.....	17
Figure 5 : Schéma représentant le terrassement du filtre planté.....	23
Figure 6 : Dalle de fond, murs et tuyaux d'entrée et de sortie et chambre de visite.....	24
Figure 7 : Principe de pliage de la bâche pour en faire un réceptacle étanche.....	26
Figure 8 : Pliage de la bâche - vue du côté du dispositif d'entrée.....	26
Figure 10: Schéma de canalisation d'alimentation et de sortie et chambre de sortie.....	29
Figure 11: Vue éclatée d'un passe-bâche.....	30
Figure 12: Passe-bâche de sortie - vue de face.....	30
Figure 13: Passage d'un tuyau PVC à travers une géomembrane en EPDM sans passe-bâche.....	30
Figure 14: Schéma de la fosse de pompage.....	31
Figure 15: Schéma électrique de principe du système de pompage.....	33
Figure 16: Cellule du filtre planté avec canalisations d'alimentation du système de répartition.....	34
Figure 17: Schéma représentant le filtre rempli de graviers, en attente des plantes.....	35

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Volume de fosse septique en fonction du nombre d'EH.....	11
Tableau 2 : Rendements d'abattement de la charge polluante dans une fosse septique.....	11
Tableau 3 : Abattement de différents paramètres en filtre planté en Allemagne.....	13
Tableau 4 : Mesures effectuées sur le filtre planté Epuval 20G.....	13
Tableau 5 : Mesures effectuées sur le filtre planté Epuval 40G.....	13
Tableau 6 : Température de l'eau du filtre en fonction du contexte géographique.....	19
Tableau 7 : Normes prescrites par la GIZ relatives à l'installation de filtres plantés au Maroc.....	22
Tableau 8 : Débits minimum et maximum de la pompe de relevage.....	32
Tableau 9 : Diamètres minimum et maximum des tuyaux de refoulement.....	32
Tableau 10 : Volume pompé, débit min, nombre de bâchées et temps max journalier.....	33
Tableau 11 : Table d'estimation des coûts annuels.....	37
Tableau 12 : Cout de construction d'un filtre planté horizontal.....	46
Tableau 13 : Dimensionnement simplifié d'un filtre planté horizontal.....	48

## Vocabulaire technique

**Hauteur manométrique totale d'une pompe (HMT) :** La HMT représente la différence de pression du liquide franchissant une pompe, exprimée en mètres de colonne d'eau.

**Eau noire :** Eau polluée par des matières fécales et urines.

**Eau grise :** Eau moyennement polluée constituée par de l'eau et des savons, ayant principalement été utilisée pour l'hygiène (douche, robinet, ménage etc.)

**Eau usée :** mélange d'eau noire et d'eau grise

**Perte de charge :** correspond à la dissipation, par frottement, de l'énergie mécanique d'un fluide en mouvement. Typiquement, les pertes de charge s'appliquent sur des liquides ou des gaz dans des tuyauteries.

**Demande Biologique en Oxygène :** représente la quantité d'oxygène qu'il faut à un micro-organisme aérobique pour dégrader de la matière organique par voie biochimique. La consommation de l'oxygène après 5 jours (en laboratoire, dans des conditions fixées de volume, de température et de lumière) est un bon indicateur de la teneur en matière biodégradables d'une eau.

**Demande Chimique en Oxygène :** représente la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder chimiquement toute la pollution organique ou minérale d'une eau (mg d'O<sub>2</sub>/Litre d'eau).

## Liste des abréviations

EH	Equivalent Habitant
HMT	HMT = Hauteur Manométrique Totale d'une pompe
DBO5	Demande Biologique en Oxygène
DCO	DCO = Demande Chimique en Oxygène
MES	MES = Matière En Suspension



## Introduction

Le présent guide est destiné à toute personne au Maroc qui souhaite comprendre l'épuration des eaux usées par les filtres plantés ou qui souhaite s'engager dans la construction d'un système épuratoire écologique et peu coûteux.

Il rassemble des informations générales sur les types des filtres plantés et leur fonctionnement mais il se focalise uniquement sur la technologie filtre planté horizontal à gravier pour des petites installations. Le modèle de filtre planté horizontal présenté par le GIZ est inspiré des normes européennes et de l'expérience dans les pays méditerranéens, dont le Maroc.

Vous trouverez également des informations sur les différents traitements qui accompagnent un filtre (traitement primaire et tertiaire), leur efficacité épuratrice et leur coût approximatif. De même, vous trouverez les informations nécessaires au dimensionnement d'un filtre planté en fonction de la consommation en eau, du type d'eau usée et le contexte géographique de la zone où il sera installé. Ces informations sont basées sur la littérature scientifique et ont été adaptées pour tout un chacun.

Ce guide fournit également les plans précis d'un filtre planté collectif (horizontal, à gravier) de 50m<sup>2</sup> (16 à 20 EH) et l'ensemble des étapes nécessaires à sa construction.







## 1 Généralités sur les filtres plantés

Un filtre planté (aussi appelé filtre végétalisé, lit de roseaux, lit à macrophytes, marais reconstitué, marais artificiel, filtre horizontal ou encore en anglais : sub-surface constructed wetland ou reed bed treatment system ou planted soil filter) est un système d'assainissement des eaux usées de type dit « extensif » c'est à dire un système caractérisé par une tolérance élevée vis-à-vis des variations de charge polluante entrante, qui ne nécessite que peu d'entretien et fonctionne sans apport d'énergie mécanique (Fonctionne en permanence, même s'il peut fonctionner en n'épurant pas à son rendement maximal).

Les filtres plantés sont efficaces en réduisant la matière organique (Demande Biochimique en Oxygène (DBO5) et Demande Chimique en Oxygène (DCO)), la matière en suspension, en azote, en phosphore, en métaux lourds et en pathogènes. Les performances dépendent des prétraitements et traitements primaires, des constituants et des taux de charge hydraulique. Les suivis adéquats, les connaissances détaillées des performances du système et les stratégies employées peuvent également optimiser le fonctionnement du filtre.

Les filtres traitent efficacement les eaux usées avant leur réutilisation en irrigation, leur rejet en rivières ou leur infiltration dans le sol. Ils servent également de tampons efficaces car ils permettent de répartir dans le temps les écoulements « de pointe » et diminuent les débits (par évapotranspiration).

Le développement réel de la technique des filtres plantés date des années 70 en Europe (p.ex. Allemagne, Danemark, Suisse, Autriche) et un peu plus tard dans d'autres pays occidentaux, Afrique du Nord et Asie.

Il existe deux types de filtres plantés suivant le flux d'écoulement d'eau, la figure suivante représente les deux types de filtre :

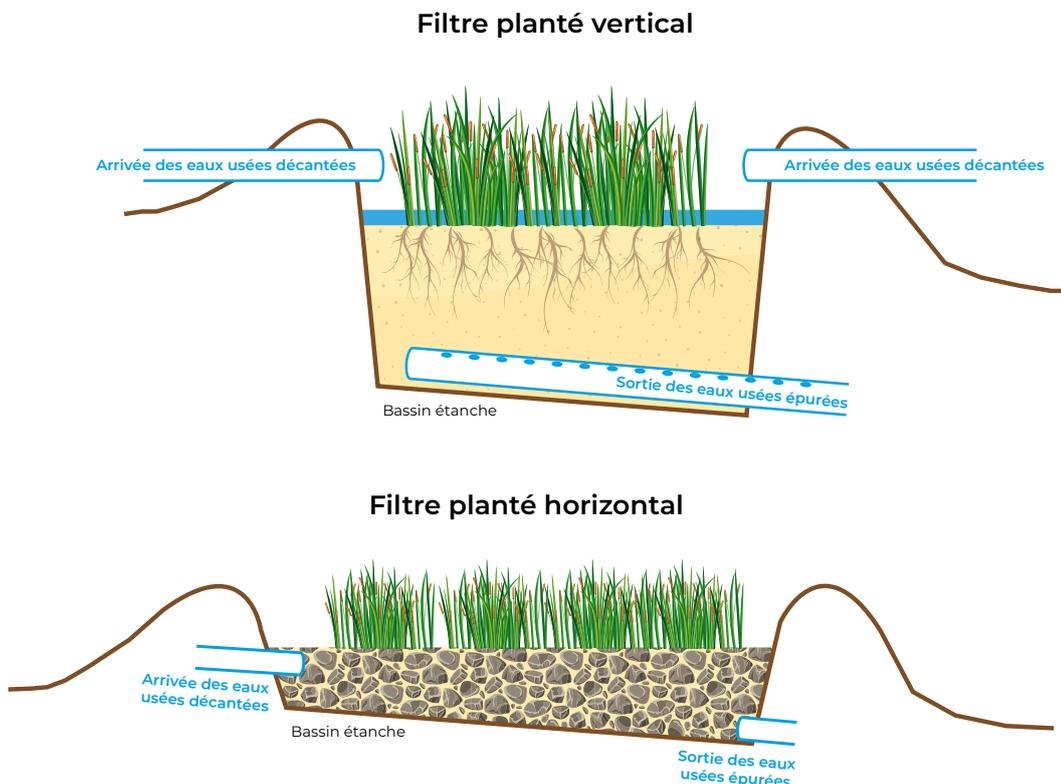


Figure 1: Schéma explicatif des filtres plantés vertical et horizontal



### 1.1. Filtre planté à flux vertical

L'eau usée s'écoule dans le filtre, par gravité, du haut vers le bas, il fonctionne comme un lit bactérien aérobie, les eaux usées sont réparties par bûchées sur la surface de plusieurs lits filtrants. Cela signifie que le filtre doit donc être alimenté en discontinu de façon périodique avec une fréquence d'une à deux fois par semaine, et avec des périodes de repos bien définies entre les périodes d'alimentation, pour permettre l'oxygénation du filtre. Ils peuvent, ou non, être couverts de végétation.

Bien qu'ils aient des performances épuratoires plus élevées (sauf en ce qui concerne les nitrates) que les filtres horizontaux, ils peuvent difficilement être raccordés à des maisons individuelles et ce pour plusieurs raisons :

- Les nuisances olfactives et visuelles sont beaucoup plus importantes à la surface des filtres verticaux ;
- Les insectes prolifèrent dans les eaux de surface et les risques sanitaires (contacts des plantes, des personnes et animaux avec les eaux superficielles) sont plus élevés ;
- L'entretien des filtres verticaux est plus difficile (boues en surface) et plus fréquent ;
- Les eaux ne peuvent pas être amenées par bûchées, sauf si un siphon auto-amorçant ou un stockage et un pompage sont prévus en amont ;
- Les filtres verticaux doivent être 'aérés' lors de périodes de repos durant lesquelles ils ne reçoivent pas d'eaux usées et sont asséchés (ceci est réellement rendu possible si plusieurs filtres sont alimentés en alternance) ;
- Le gel occasionne des colmatages de tuyauterie située en surface ;
- Le colmatage des tuyaux par les racines des roseaux est un risque à prendre en considération ;
- Il faut un dénivelé de plus de 1 mètre.

### 1.2. Filtre planté à flux Horizontal

Le filtre horizontal fonctionne de façon souterraine. Il est submergé de façon permanente par les eaux usées qui s'écoulent par gravité sous sa surface, de manière horizontale, au travers des lits de substrat où les microorganismes épurateurs se développent en association avec les racines des plantes. Il fonctionne aussi bien de manière aérobie (présence d'oxygène libre) que de manière anaérobie (pas d'oxygène libre).

Les filtres peuvent être remplis de sable ou de gravier, qui font office de support de croissance pour les plantes enracinées et les

bactéries. Les graviers sont largement employés afin d'éviter les colmatages.



La majorité des systèmes installés sont des filtres horizontaux: les pays les plus connus sont l'Allemagne (plus de 50.000 installations), les Etats-Unis (plus de 8000 avec un débit moyen par installation de 1250 m<sup>3</sup>/j et 3400 m<sup>2</sup>), l'Italie (plus de 1000), le Danemark (plus de 100), la Suisse (plus de 100, jusque 10 000 EH), le Royaume-Uni (plus de 1000), la France (plusieurs milliers), l'Australie (plus de 100), la Nouvelle Zélande (plus de 100), le Portugal (plus de 300) et la Belgique (plus de 1000). Dans ce dossier, il sera uniquement développé le filtre planté horizontal, à gravier, inspiré des normes européennes et de l'expérience dans les pays méditerranéens, dont le Maroc.





## 2 Filtre planté horizontal à gravier

### 2.1. Fonctionnement du filtre planté

#### 2.1.1. Principe

Les eaux usées domestiques contiennent de différents polluants à savoir les pathogènes, molécules biodégradables et polluants chimiques : azote (sous ses nombreuses formes), phosphates, métaux lourds... Ces éléments peuvent être décomposés puis utilisés par la flore et la microfaune de l'écosystème mis en place.

Le filtre est dit « planté », car on plante des végétaux à sa surface, dans les graviers. Son principe de fonctionnement se base sur la présence de l'oxygène issu des racines des plantes qui permettent aussi de lutter contre le colmatage, d'améliorer les conditions de minéralisation de la matière organique et de participer à la dégradation des nutriments et sur les bactéries aérobies et anaérobies. Le lit du filtre contient des différentes couches de gravier, de granulométries différentes, qui servent de base de fixation aux colonies de bactéries épuratrices.

Les micro-organismes aérobies et anaérobies permettent la dégradation de la matière organique, la réduction des sulfates en hydrogène sulfuré volatil, les nitrates en azote élémentaire.

Le mécanisme majeur qui agit dans ce filtre est la nitrification-dénitrification. Les bactéries nitrifiantes oxydent l'azote ammoniacal ( $N-NH_4$ ) en azote nitrique ( $N-NH_3$ ) dans les zones aérobies tandis que les bactéries dénitrifiantes convertissent l'azote nitrique ( $N-NH_3$ ) en azote gazeux ( $N_2$ ) dans les zones anoxiques.

Les conditions anaérobies ont plus de chance d'être rencontrées dans la partie antérieure du filtre et les conditions aérobies peuvent arriver à une plus grande profondeur dans la partie postérieure. Seuls les 5 à 15 cm supérieurs peuvent être considérés comme bénéficiant réellement de conditions aérobies.

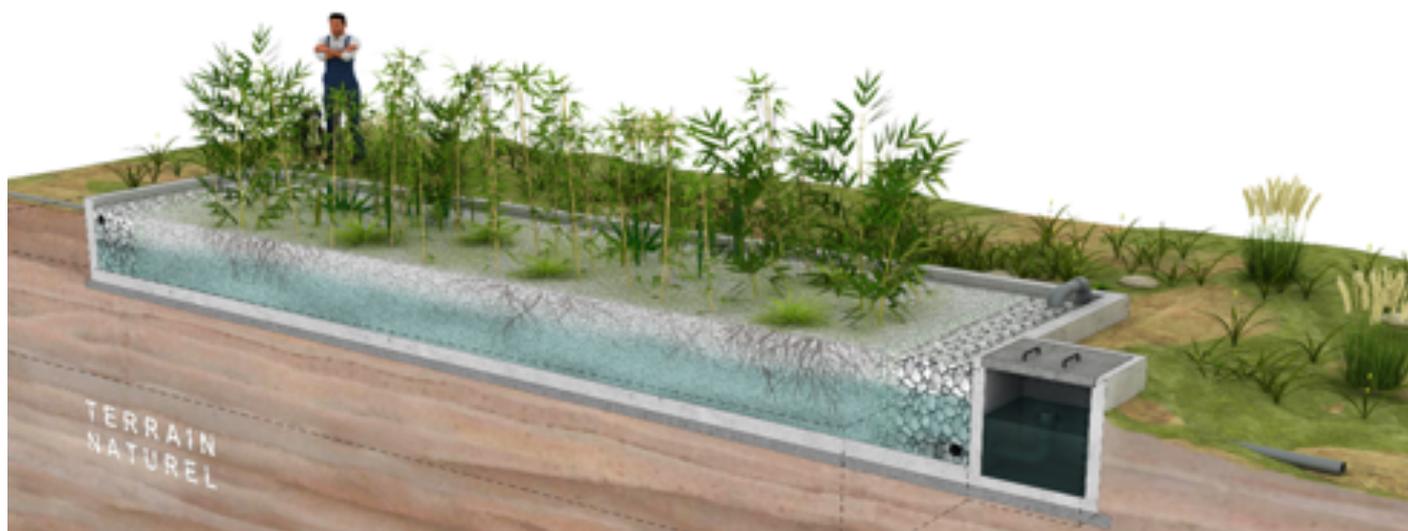


Figure 2: Coupe longitudinale d'un filtre planté horizontal à gravier.  
Dessiné par LIFEMOZ Hamza laalou architecte

#### 2.1.2. Végétaux utilisés

Les végétaux utilisés sont ceux qui peuvent se développer en profondeur dans l'eau et sur une grande surface. Les plus plantés sont les roseaux (phragmites australis) qui peuvent être utilisés comme fourrage, comme paillage ou combustible. Permettant aussi la culture de plantes d'ornement ou de fleurs à couper ou même des plantes fruitières ou fourragères (Iris, Baldingère, typhas,



joncs des marais (*Scirpus* spp), buissons, etc). Au Maroc, les cannes de provence (*Arundo Donax*) sont aussi utilisées car elles sont disponibles localement et leurs tiges ligneuses peuvent être utilisées en construction et en artisanat.

Les organes souterrains des plantes telles que les Phragmites sont spécialement adaptés au milieu saturé en eau. Il se forme des conduits aërières dans les cellules de transport de l'eau des racines (parenchyme cortical) appelés « aërenchyme racinaire ». Ceci permet à l'oxygène d'atteindre les tissus racinaires et de se diffuser dans le sol rhizosphérique ('gaine toxique'). C'est une rhizosphère à l'envers : la concentration maximale d'air se situe près des racines.

La fixation d'azote est très importante dans la rhizosphère : l'énergie nécessaire est fournie par la sécrétion racinaire; la concentration en oxygène est faible et la dénitrification engendre une perte d'azote combiné. En conséquence, il y a une réduction de la fixation d'azote micro aéroophile. Les filtres plantés de roseaux (« roselières ») présentent ainsi une production végétale très élevée.

Il est aussi possible de faire se succéder les végétaux utilisés pour améliorer la qualité du traitement.

## 2.2. Filière de traitement

Avant de procéder à l'implantation du filtre planté l'eau usée entrante au système doit passer par plusieurs niveaux de traitement :



La Figure 3 illustre une filière de traitement des eaux usées par filtre planté horizontal à gravier avec le traitement primaire, traitement secondaire et traitement tertiaire. Aucun prétraitement n'est représenté sur la figure car il n'est pas nécessaire dans le cadre d'une utilisation domestique. Une telle filière permet de valoriser différents produits comme, d'abord, les eaux épurées, le gaz ainsi que les boues issues du traitement primaire.

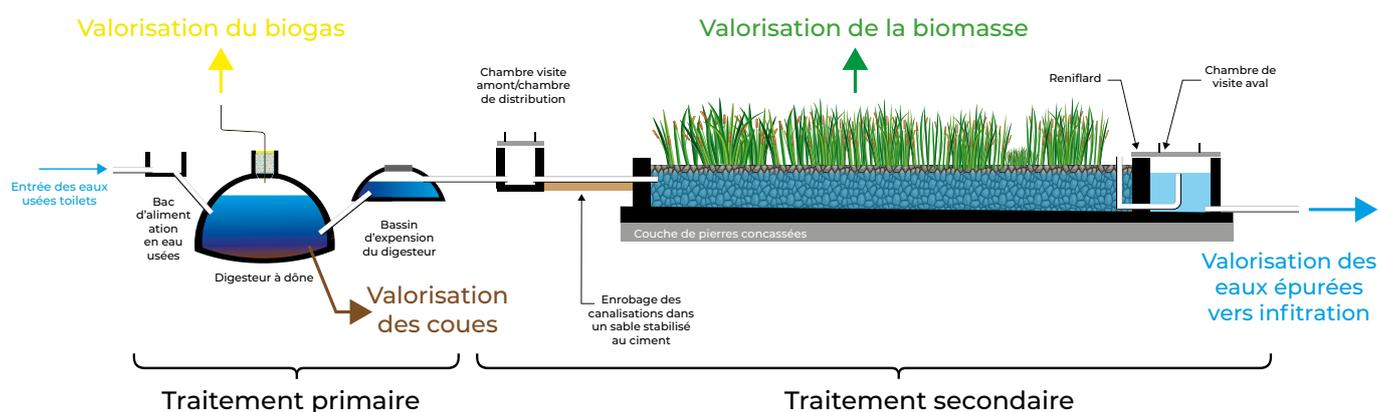


Figure 3: Filière de traitement des eaux par filtre planté et valorisations potentielles associées

### 2.2.1. Types d'eaux usées

Les filtres plantés peuvent traiter une large gamme d'eaux usées, telles que :

- Les égouts municipaux et domestiques ;
- Les eaux usées de l'industrie agro-alimentaire ;
- Les lixiviats de décharges ;



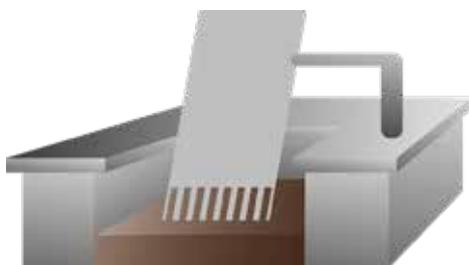
- Les eaux d'exhaure acides ;
- Les eaux usées industrielles ;
- Les eaux d'orage et
- Les eaux de mines.

Toutes ces eaux ont des caractéristiques chimiques et physiques différentes, dont il est nécessaire de tenir compte pour le dimensionnement du filtre.

Dans le cadre de ce guide, seuls les filtres de petite envergure servant principalement à traiter les eaux domestiques ou de petites communautés (écoles, mosquée, etc) sont développés.

### 2.2.2. Prétraitement

Les prétraitements sont nécessaires pour les installations collectives. Ils sont déclinés en plusieurs systèmes qui ont chacun leur utilité, à savoir, en résumé :



- Les dégrilleurs : Des pièges à débris sous forme de grilles à large écartement, qui enlèvent les matériaux bruts (pierres, bois, feuilles, et d'autres débris) qui peuvent endommager les pompes et autre équipement
- Les dessableurs : Sont installés après les dégrilleurs et avant le pompage des eaux usées brutes dans la station d'épuration. Ils sont installés dans le but de retenir les sables et les particules lourdes contenus dans les eaux usées.
- Les déshuileurs (ou dégraisseur) : sont installés pour séparer les eaux à épurer des produits qui ont une plus faible densité que l'eau (naturellement, ou par flottaison forcée), comme les huiles végétales et minérales et/ou les hydrocarbures légers.

#### Cas particulier : Relevage des eaux usées

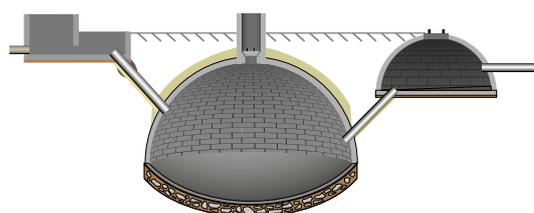
Dans le cas où les eaux ne peuvent pas être amenées au traitement secondaire par gravité, elles doivent être pompées et rejetées plus haut topographiquement (hauteur de relevage dépendante de la topographie). On dit que les eaux sont « relevées ». Les pompes qui sont installées en général pour relever les eaux sont des pompes immergées sous l'eau dans

une fosse étanche. Il va de soi que l'addition d'une pompe au système de traitement entraîne des coûts supplémentaires en électricité, un entretien plus lourd et d'éventuels ennuis mécaniques demandant l'aide de personnel spécialisé. L'utilisation d'une telle pompe de relevage sera dès lors évitée dans la mesure du possible.

Plus d'informations peuvent être trouvées sur ces systèmes dans les fiches techniques sur le lien suivant : <http://www.agire-maroc.org/activites/assainissement-et-reutilisation-des-eaux-usees/catalogue-des-solutions-dassainissement-et-de-reutilisation-en-milieu-rural-02-juin-2015.html>.

### 2.2.3. Traitement primaire

Les ouvrages de traitement primaire sont utilisés en première étape du traitement des eaux usées brutes fortement chargées (plusieurs dizaines de EH à traiter, par exemple). Ils fonctionnent souvent en se basant sur une décantation des matières en suspension et une pré-digestion des matières organiques par des bactéries. Les matières solides décantables sédimentent au fond du bassin (ou cuve) et forment une couche de boue. Cette couche de boue génère la digestion anaérobie assurée par les bactéries acidogènes et méthanogènes, surtout à des températures supérieures à 15°C.



Ce traitement est nécessaire lorsque le filtre planté est destiné à traiter partiellement ou uniquement des eaux noires, mélangées ou non à des eaux grises. Par contre, lorsqu'on traite uniquement des eaux grises ou des effluents liquides très dilués (par de l'eau de pluie par exemple), il n'est pas nécessaire de prévoir un prétraitement.

Les techniques habituelles de traitement primaire sont la fosse septique (ou fosse toutes-eaux) et le digesteur.

Le mode de fonctionnement des digesteurs est similaire à une fosse septique qui serait étanche à l'eau et au gaz. Dans le digesteur, le biogaz produit par les bactéries (composé de CO<sub>2</sub>, de méthane, et d'autres gaz en plus petites proportions), est collecté et acheminé dans une tuyauterie vers d'éventuels



appareils à biogaz (cas d'installations de grandes tailles) ou évacué dans l'atmosphère (cas des installations individuelles ou de petites tailles ne générant que très peu de biogaz). Plus d'informations peuvent être trouvées au chapitre 2.2.7.

Le Tableau suivant présente le volume de la fosse septique nécessaire en fonction du nombre d'EH.

Nombre d'EH	Volume minimum de la fosse septique (litres)
5	4500
10	7500
20	15000

Tableau 1: Volume de fosse septique en fonction du nombre d'EH. (Temps de résidence variable en fonction du nombre d'EH)

Les techniques de traitement primaire sont en quelque sorte un premier dégrossissement dans le traitement de la matière organique.

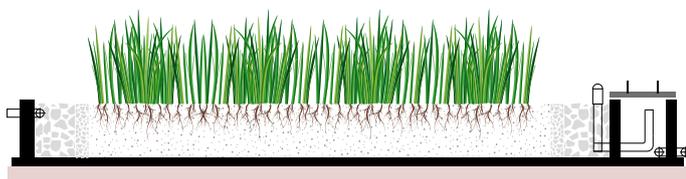
Ce système de prétraitement lorsqu'il est bien dimensionné, permet d'éliminer environ 30 à 50 % de la matière organique. Le traitement devra également pouvoir éliminer 60% des MES. Le Tableau 2 présente des ordres de grandeur du rendement épuratoire d'une fosse septique moyenne bien dimensionnée :

Paramètre	Valeur en entrée de fosse	Valeur en sortie de fosse	Abattement (%)
DBO (mg/l)	400	200	50%
DCO (mg/l)	770 à 900	390 à 500	45 à 50%
MES (mg/l)	320 à 470	70 à 190	60 à 80%

Tableau 2: Rendements d'abattement de la charge polluante dans une fosse septique. Source: Philip et al., 2008 et Epuval asbl

Plus d'informations peuvent être trouvées sur ces systèmes dans les fiches techniques sur le lien suivant : <http://www.agire-maroc.org/activites/assainissement-et-reutilisation-des-eaux-usees/catalogue-des-solutions-dassainissement-et-de-reutilisation-en-milieu-rural-02-juin-2015.html>.

## 2.2.4. Traitement secondaire



Le traitement secondaire a pour but d'améliorer la qualité des eaux, c'est l'ouvrage d'épuration en lui-même. Dans notre cas, il s'agit du filtre planté horizontal.

Il permet, comme les autres techniques d'épuration, de réduire les concentrations en matières organiques (DCO et DBO5) et les matières en suspension (MES) grâce à la filtration des eaux usées à travers les graviers et les racines, mais surtout grâce à l'action des bactéries qui y sont fortement présentes

Les matières en suspension sont retenues dans le filtre et partiellement dégradées. Cette réduction permet à l'aval une irrigation plus aisée (moins de colmatage).

### 2.2.5. Traitement tertiaire

Le traitement tertiaire désigne tout procédé placé en aval d'une étape de traitement secondaire dont l'objectif est une élimination des pathogènes bactériens et des parasites helminthiques. En même temps, le post-traitement assure une élimination partielle de l'azote et du phosphore ainsi qu'une part minime de la DBO résiduelle.

Il existe plusieurs technologies au Maroc, qui se rangent dans la catégorie des systèmes de désinfection naturelle : hygiénisation

- Bassin de post-traitement : il s'agit d'une tranchée post-épuratrice, plantée d'espèces différente de plantes ornementales, qui peut être couplée directement à la structure du filtre planté ;
- Le chenal algal ;
- Les bassins de maturation ;
- Les bassins maturation-stockage ;

Plus d'information sur les techniques de traitement tertiaire peuvent être trouvées dans les fiches techniques de la GIZ téléchargeables depuis le lien suivant : <http://www.agire-maroc.org/activites/assainissement-et-reutilisation-des-eaux-usees/catalogue-des-solutions-dassainissement-et-de-reutilisation-en-milieu-rural-02-juin-2015.html>.

### 2.2.6. Performances épuratrices

Les performances épuratrices du filtre planté horizontal à gravier sont élevées en termes de DCO, DBO5 et MES. Aussi, il fixe et réduit l'azote, les sulfates (SO4), il réduit la pollution en métaux lourds et surtout il réduit considérablement les pathogènes (de 10 Million à 1500/100 ml d'eau).



Le Tableau suivant présente l'abattement en polluants sur plusieurs dizaines d'installations en Allemagne.

Paramètre	Valeur en entrée de fosse	Valeur en sortie de fosse
MES	84,3	50%
DCO	79	98
DBO5	88	99
NH4-N	54	99
Ntot	52	97
Ptot	68	99

Tableau 3: Abattement de différents paramètres en filtre planté en Allemagne.  
Source : Schmager C., 2001

Les abattements en azote total (dénitrification) sont plus élevés que ceux des filtres verticaux : 60% des filtres horizontaux garantissent des effluents avec des concentrations inférieures à 30 mg d'azote (Ntot) par litre.

Selon la même étude, 84% des filtres horizontaux permettent d'obtenir des effluents contenant moins de 40 mg DBO5/l. 60% d'entre eux garantissent moins de 2 mg/l en Ptot et 45% produisent des effluents à moins de 20 mg/l en NH4-N. En moyenne sur 64 filtres horizontaux analysés en Allemagne, les effluents contiennent 79,6 mg/l en DCO et 28,9 mg/l en DBO5. Ces résultats sont atteints toute l'année, même en période hivernale.

#### Autre études :

- Danemark : Une étude réalisée sur 71 systèmes de filtres à écoulement horizontal placés après un traitement primaire rudimentaire, les résultats (avec un taux de charge moyen de 5 cm/j) sont excellents. Les effluents contiennent 18 mg/l en DBO5 et 27 mg/l en MES.
- Québec : Une étude de démonstration de la Biosphère montre qu'après une fosse septique et un filtre horizontal (charge : 2,4 cm/j), les eaux sont bien épurées et contiennent 20 mg/l en DBO5 et 13 mg/l en MES. Les concentrations en coliformes fécaux passent de 10 millions (sortie fosse septique) à 1500 Unités/100 ml (sortie filtre). Les concentrations en coliformes des effluents des filtres sont de l'ordre de 103 à 104 par 100 ml.

Les Tableau 4 et Tableau 5 ci-dessous montrent les performances moyennes (été + hiver) pour deux filtres plantés

installés en Belgique. Les eaux épurées répondent aux normes d'assainissement belges et de plus permettent de réduire l'azote, le phosphore et les pathogènes

Paramètre	Entrée du filtre moy.	Sortie du filtre moy.
DBO5 (mg/l)	160 (11-1500)	19 (1-54)
DCO (mg/l)	217 (27-865)	21 (1-75)
NO3- (mg/l)		6 (1-10)
NH4+ (mg/l)	35 (3-103)	14 (3-32)
OrthoP (mg/l)	21 (0,4-81)	0,21 (0,03-0,7)
P total (mg/l)	19,45 (1,3-83)	0,12 (0,00-4,9)

Tableau 4: Mesures effectuées sur le filtre planté Epuval 20G, installé à Nassogne (Belgique) pour une forte charge polluante (20 EH) (18 mesures). Source : Wauthelet 2011

Paramètre	Entrée du filtre moy.	Sortie du filtre moy.
DBO5 (mg/l)	94,8 (50-150)	11,3 (3-24)
DCO (mg/l)	167,7 (60-300)	27,5 (13-30)
NO3- (mg/l)	5,11 (2-10)	1,34 (0,8-20)
OrthoP (mg/l)	38,8 (8-57)	0,67 (0,5-2)
P total (mg/l)	26,1 (16-39)	8,03 (0,7-22)

Tableau 5: Mesures effectuées sur le filtre planté Epuval 40G, installé à Sainte-Ode (Belgique), pour une charge irrégulière (gîtes, salle de réunion) (6 mesures), selon Epuval

Plusieurs filtres témoignent de l'abattement des pathogènes car, dans les eaux épurées, les coliformes fécaux ne sont plus détectables (99,00 à 99,99% d'abattement) et l'abattement en entérocoques dépasse 99,99%, de même pour les œufs d'helminthes qui subissent un abattement de 99 à 100%.

## 2.2.7. Valorisation

### i. Valorisation des eaux



Les eaux épurées sortant du filtre planté peuvent être réutilisées directement et valorisées comme eau d'irrigation. Les eaux épurées sont désinfectées et encore riches en nutriments, elles serviront à irriguer des cultures, des plantes d'ornement, des gazons, des arbres fruitiers, etc. cette valorisation écologique permet de:

- Réduire la pression sur les eaux conventionnelles
- Réduire les besoins en engrais
- Protéger les eaux souterraines et de surface de la pollution
- Coûte moins cher aux populations locales

### ii. Valorisation des plantes

Les plantes du filtre peuvent également être valorisées. La croissance de roseaux, de cannes de Provence (*Arundo Donax*) donne des tiges ligneuses intéressantes pour l'artisanat marocain (par exemple les canisses). D'autres plantes (à veiller non toxiques) à faucher peuvent être valorisées en compost ou en aliment pour bétail.

### iii. Valorisation de la boue

Les boues et digestats des systèmes de traitement primaire (biodigesteur ou fosse septique) peuvent être valorisées en les épandant comme engrais biologique. Cela permet de:

- Réduire l'utilisation d'engrais minéraux bien chers,
- Améliorer la qualité des sols
- Éviter la mise en décharge des boues.

Il faut toutefois veiller à ce que les normes sanitaires sont respectées ainsi que les bonnes pratiques de valorisation, afin qu'aucun risque environnemental ou sanitaire ne soit pris.

### iv. Valorisation du biogaz



Dans le cas où le système de traitement primaire est un décanteur/digesteur, le biogaz fourni naturellement par le processus de digestion des matières organiques peut aussi être valorisé en gaz de chauffage ou en électricité.

Il faut toutefois des traitements primaires de tailles importantes (pour plusieurs dizaines d'Equivalent-habitants) pour rentabiliser une valorisation du biogaz.

Plus d'informations peuvent être trouvées sur ces types de valorisation dans les fiches techniques sur le lien suivant : <http://www.agire-maroc.org/activites/assainissement-et-reutilisation-des-eaux-usees/catalogue-des-solutions-dassainissement-et-de-reutilisation-en-milieu-rural-02-juin-2015.html>.

## 2.2.8. Exutoire

L'eau à la sortie du système peut s'infiltrer directement dans le sol sans être valorisée. Dans ce cas, un tuyau permet d'évacuer les eaux filtrées vers un système de dispersion-infiltration. En cas de contraintes techniques majeures (espace nécessaire insuffisant ou perméabilité du sol inadéquate), le tuyau d'évacuation pourra évacuer les eaux filtrées vers, au choix :

- Une voie artificielle d'écoulement ;
- Une eau de surface ordinaire ou vers une zone de graviers et une mare plantées ;
- Un puits perdant ;

Afin de dimensionner le dispositif d'infiltration, la vitesse d'infiltration doit être mesurée in-situ. Ceci se fait via un test de perméabilité en minimum deux points distincts. Un minimum de deux prélèvements à la tarière doit également être réalisé sur une profondeur de minimum 1,5 m à l'endroit et la profondeur prévue d'infiltration. L'infiltration ne peut être mise en œuvre pour des vitesses d'infiltration supérieures à 4.10<sup>-3</sup>m/s et inférieures à 10<sup>-6</sup>m/s selon par exemple l'Arrêté du



Gouvernement Wallon du 25 septembre 2008.

En cas de rejet dans une zone de baignade (fleuves, ruisseaux, étangs), un dispositif de désinfection agréé devra être placé en aval de la chambre de sortie.

### 2.3. Avantages et Inconvénients

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"><li>• Traitement très efficace de l'eau usée, les concentrations du phosphore, des nitrates-nitrites, l'ammonium, la DBO5, la DCO et les solides en suspension sont réduits à des valeurs inférieures aux normes en vigueur dans les pays les plus stricts</li><li>• Fonctionnement en général sans apport d'énergie, sauf si les pentes exigent un relevage des eaux</li><li>• Aisé et économique à construire et ne demande presque aucun entretien ou opération quotidienne. Il nécessite cependant un contrôle régulier minimal (1 visite par mois par exemple)</li><li>• S'intègre relativement bien dans le paysage et permet d'allier l'épuration à la valorisation des eaux usées et de ses sous-produits.</li><li>• Ne produisent ni de nuisibles (mouches ou moustiques) ni d'odeurs et ne présentent pas de risque de contact des eaux usées avec les personnes ou avec des animaux, car l'eau s'écoule à quelques centimètres sous la surface du substrat.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Colmatage et remplissage du filtre en matières en suspension ou par des graisses sous forme de colloïdes fermentation ; donc une nécessité de réduire les charges ou augmenter les surfaces, voire curer les filtres</li><li>• S'il n'est pas bien dimensionné, on peut avoir un gradient de charge hydraulique inadéquat (débits trop importants) qui occasionne des écoulements de surface</li><li>• Un filtre colmaté peut redevenir opérationnel au bout de quelque mois de repos, car les bactéries qui ne sont pas nourries vont s'alimenter directement à partir de la masse bactérienne (l'autolyse). Si le colmatage est trop important il faut alors enlever les graviers pour les nettoyer ou injecter de l'eau sous pression pour faire remonter les boues en surface avant de les éliminer.</li><li>• Utilisation des grandes superficies pour les zones densément peuplées</li><li>• Les performances d'épuration peuvent diminuer au bout de quelque année, bien que certains spécialistes disent qu'il est conseillé de changer le matériau filtrant au bout de 15 ans.</li></ul>





### 3. Dimensionnement du filtre planté horizontal

Les filtres plantés traitent efficacement les eaux usées avant leur rejet en rivières ou leur infiltration dans le sol et pour dimensionner correctement un filtre planté, il faut tenir en compte des facteurs suivants:

- Le débit ;
- La pente du filtre ;
- Le type de substrat qui est mis dans le filtre (graviers roulés) pour en connaître sa porosité ;
- La charge de l'eau en éléments polluants ;
- Les normes du pays dans lequel le filtre sera installé relatives à la pollution autorisée de l'eau en sortie de filtre.

L'objectif principal et d'éviter à moyen terme les colmatages des filtres tout en assurant des rendements épuratoires élevés.

#### 3.1. Profondeur du filtre planté

Le premier élément qu'il faut fixer avant de procéder au dimensionner un filtre planté est : la profondeur du filtre.

Pratiquement tous les filtres sont conçus avec des profondeurs de 30-60cm, ce qui correspondant à la profondeur atteinte par les racines des Phragmites. L'analyse de nombreux filtres horizontaux montre, en effet, que le système racinaire des plantes se développe préférentiellement en surface. On estime que pour les Phragmites, plus de 90% de la biomasse des racines et rhizomes sont situés dans les 30cm supérieurs du media.

Cas à éviter : Filtre planté horizontal profond

Filtre profond : plus de 30cm	<p>On distingue deux zones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• une zone supérieure dans laquelle se concentrent les racines et présentant une conductivité hydraulique plus faible</li> <li>• une zone moins profonde sans racines de conductivité hydraulique plus élevée</li> </ul>
Conséquences	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'eau aura tendance à créer des zones d'écoulement préférentiel et la conductivité hydraulique sera élevée.</li> <li>• L'eau alors va couler plus rapidement sous le tapis de racines, or le but est de répartir l'écoulement de manière homogène.</li> </ul>

Compte tenu des éléments ci-dessus, nous conseillons de dimensionner les cellules des filtres plantés en se basant sur une profondeur d'eau de 50 cm. Des graviers seront apportés sur une hauteur totale de 60 cm afin de permettre non seulement

une durée de vie importante de l'installation, mais également la formation de gel en surface si la température passe en dessous de 0°C, et d'accepter des débits de pointe plus élevés. Les roseaux sont plantés à 10 cm de profondeur pour avoir les racines dans l'eau. La Figure 4 représente tout cela.

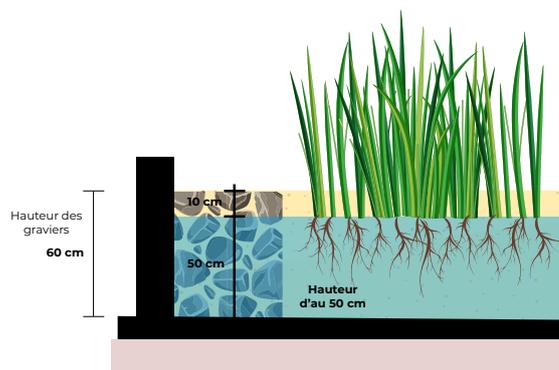
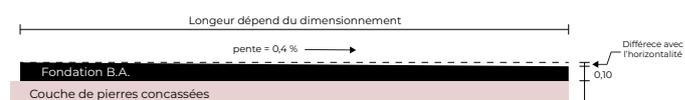


Figure 4: Profondeur du filtre

#### 3.2. Pente du filtre planté

La pente du fond du filtre est fixée à 0,4%. La présence de graviers ralentit le passage de l'eau et provoque une perte de charge se caractérisant par un gradient de pente de 0,4%. La faible pente résout le problème en forçant les eaux à rejoindre le drain par gravité.



#### 3.3. Surface du filtre planté

L'inconnue majeure dans le dimensionnement est la surface du filtre planté. Ce guide proposera trois méthodes de calcul de la surface.

##### 3.3.1. Méthode basée sur l'estimation de la température :

La température joue un rôle important dans l'épuration des eaux usées. L'expérience a montré qu'il faut compter 5 m<sup>2</sup> par EH pour des eaux usées de type domestique sous une température moyenne tempérée (15°C). Cependant, une température moyenne plus élevée aura tendance à favoriser l'activité des bactéries épuratrices, tandis qu'une température plus faible aura l'effet inverse. Dès lors, les filtres installés au Maroc en région montagneuse, où il fait plus froid, devront être un peu surdimensionnés, tandis que les filtres installés en région de plaine ne devront pas dépasser 3 m<sup>2</sup>/EH.



Il n'est donc pas exclu de mettre en place des filtres avec des surfaces importantes si les superficies nécessaires sont disponibles et peu coûteuses. Ainsi, la capacité des filtres plantés existants peut varier de 1 à 10000 EH, c'est à dire qu'ils ont des surfaces comprises entre 3m<sup>2</sup> et 5ha. De plus, pour répartir les eaux usées de façon égale dans toutes les zones de gravier, la surface des grands filtres plantés est divisée en différentes cellules, dont le nombre dépendra des débits des eaux usées, de la maintenance et de la topographie.

### 3.3.2. Méthode basée sur la charge surfacique en DBO5 :

Cette méthode prend en considération la charge en matière organique (exprimée en DBO5 ou DCO) par m<sup>2</sup> de filtre qui doit être fixé au début de dimensionnement :

- Une charge de surface de 8 g DBO5/m<sup>2</sup>/jour produit un effluent moyen de 30 mg DBO5/l en sortie
- Une charge de 5 g DBO5/m<sup>2</sup>/j produit un effluent moyen inférieur à 25 mg DBO5/l.

On prend en moyenne que chaque m<sup>2</sup> de filtre planté traitant une charge polluante journalière de 6 g de DBO5 donnera une concentration de 30mg de DBO5 en sortie (flux d'entrée de maximum 6 g de DBO5/m<sup>2</sup>/j et 20 g MES/m<sup>2</sup>/j). De plus, il est important que les flux organiques journaliers soient inférieurs à ces 6 g de DBO5/m<sup>2</sup> pour éviter un colmatage rapide.

Or, la norme européenne pour la charge polluante en sortie du traitement ne devrait pas dépasser 30mg de DBO5/l d'eau épurée. La norme marocaine, cependant, a fixé la charge polluante en milieu urbain à 120mg de DBO5/l d'eau épurée.

On préférera cependant dimensionner sur base de la norme européenne par sécurité car les normes marocaines pourraient à terme rejoindre les normes européennes.

Le dimensionnement se base donc sur maximum 6g DBO5/m<sup>2</sup>.j ; cela devrait permettre d'atteindre des valeurs de sécurité de charge polluante moyennes de l'ordre de 25 à 30 mg DBO5/L en sortie. Cette charge maximale a été établie dans les pays européens ou états américains à climat tempéré à froid.

#### Exemple de dimensionnement:

- 1 Equivalent-Habitant = 1 EH rejette 60 g DBO5/jour
  - Traitement primaire : 50% d'abattement de la pollution, donc rejet à 30 g DBO5/jour.EH
  - Charge surfacique moyenne : 6 g DBO5/m<sup>2</sup>. jour
- Donc, la surface sera = 30/6 m<sup>2</sup> par EH = 5 m<sup>2</sup>/EH

En combinant cette méthode avec l'effet de la température :

- 5 m<sup>2</sup> / EH sera une surface maximale pour des eaux domestiques dans un climat froid au Maroc (en altitude),
- Moins de 3 m<sup>2</sup> /EH sont nécessaires en climat chaud (en plaines) car la charge surfacique peut augmenter à 10 g DBO5/m<sup>2</sup>.j, vu que les bactéries agissent plus rapidement qu'en climat froid.

### 3.3.3. Méthode basée sur la charge hydraulique et la température :

La consommation en eau par habitant au Maroc varie fortement. Dans les régions rurales, l'eau est consommée avec modération. En ville par contre, la consommation moyenne d'un ménage se rapproche de la consommation d'un européen qui dispose de l'eau courante et de technologies fortement consommatrices d'eau (robinets, toilettes à chasse d'eau, etc.). Dans les régions rurales, on parle de 10 l à 25 l d'eau utilisée par jour par habitant pour ceux qui s'alimentent auprès d'une borne fontaine, de 40 à 50l par habitant par jour pour ceux qui sont reliés individuellement (château d'eau villageois et raccordement aux habitations), tandis que les consommations en ville peuvent aller jusqu'à 120l par jour, la moyenne étant de 70L/j en moyenne au Maroc. On supposera par simplification que les eaux consommées sont rejetées sous forme d'eaux usées.

Pour dimensionner un filtre planté, Reed et al proposent les formules de dimensionnement suivant :

Formule pour calculer la surface :

$$A = (Q * [\ln(Ci) - \ln(Ce)]) / (Y * n * Kt)$$

A : la surface du filtre planté (en m<sup>2</sup>)

Q : le débit d'eaux usées (en m<sup>3</sup>/j)

Ci : charge polluante en DBO5 des eaux usées prétraitées arrivant dans le filtre (en mg de DBO5/l);

Ce : l'objectif à atteindre pour la charge polluante des eaux épurées sortant du filtre (en mg de DBO5/l) : 30 mg DBO5/l selon les normes de rejet de l'eau européennes ;

Y : la hauteur d'eau fixée dans les filtres (en m) ;

N : la porosité du substrat (pour les graviers ronds de 3 à 8 mm de diamètre: 40%, pour des graviers concassés de 5-10 mm de diamètre : 25%) 30% sera considéré en moyenne ;

Kt : Constante à température T et est calculé comme suit : Kt = K20 \*  $\theta^{(T-20)}$  avec:

- T : température moyenne de l'eau dans les filtres qui varie en fonction des saisons, de la longitude et de l'altitude.
- K20=1.1 : constante à 20°C pour la DBO5
- $\theta$  = 1,06 : selon Reed & al. 1995



Formule pour calculer la concentration des eaux épurées et le temps de séjour de l'eau dans le filtre :

- Concentration de l'eau épurée :  $C_e = C_i * e^{-Kt}$
- Temps de séjour :  $t = (n * A * Y) / Q$

Les formules de dimensionnement de filtre planté selon Reed et al., 1995 et reprises par le 'Guide pour l'étude des technologies conventionnelles de traitement des eaux usées d'origine domestique', Ministère de l'Environnement, Québec, 02.2001

Le tableau suivant présente la température moyenne de l'eau du filtre en fonction du contexte géographique :

Contexte géographique	Température moyenne en hiver en fonction de l'altitude
Montagne	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0°C (eau gelée, à plus de 1500 m)</li> <li>• 5°C (de 1000 à 1500 m)</li> <li>• 10°C (de 500 à 1000 m)</li> </ul>
Plaine	15°C

Tableau 6: Température de l'eau du filtre en fonction du contexte géographique

► Donc, en résumé :

Les données	Les inconnues
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rejet journalier d'un EH en DBO5: 60 g DBO5/EH.jour (eau usée moyenne pour le Maroc)</li> <li>► Par conséquent on peut calculer <math>C_i</math></li> <li>• Rendement du traitement primaire</li> <li>• <math>C_e = 30</math> mg DBO5/l</li> <li>• <math>\theta = 1,06</math></li> <li>• <math>K_{20} = 1,1</math></li> <li>• <math>Y = 0,5</math></li> <li>• <math>n = 0,3</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le nombre d'EH pour lequel nous devons dimensionner le filtre</li> <li>• Le débit de consommation d'eau (<math>m^3/j.EH</math>)</li> <li>• La température (°C) (voir Tableau 6)</li> <li>• Surface du filtre</li> </ul>

### Exemple d'application 1 :

Contexte : Prenons un cas 'extrême' pour le Maroc : Une famille aisée de haute montagne ( $T^{\circ}$  minimum de l'eau en hiver: 0°C) composée de 10 personnes rejetant 1200 litres d'eaux usées par jour. Avec une fosse ou digesteur en traitement primaire, 50% de la DBO5 sera éliminée.

Données :

- Rejet en matière polluante pour un EH : 60 g DBO5/EH.jour
- Nombre d'EH : 10EH rejetant 1200l/j
- Rendement du traitement primaire : 50%
- Concentration avant traitement primaire :  $C_i' = (60 * 10) / 1200 = 0,5$  g DBO5/l = 500 mg DBO5/l
- Concentration après traitement primaire :  $C_i = 500 * 0,5 = 250$  mg DBO5/l

- Concentration désirée :  $C_e = 30$  mg DBO5/l
- Porosité :  $n = 30\%$
- Hauteur d'eau :  $Y = 0,5$  m
- Température :  $T = 0^{\circ}C$

Application numérique :

- $K_t = 1,1 * 1,06^{20} = 0,343$  à 0°C
- $Q = 1200$  l/j = 1,2 m<sup>3</sup>/j
- Alors la surface est :  $A = (1,2 * (\ln(250) - \ln(30))) / (0,3 * 0,5 * 0,343) = 49,5$  m<sup>2</sup> donc 5m<sup>2</sup>/EH

### Exemple d'application 2 :

Contexte : Pour un cas 'Moyen' pour le Maroc : Une famille moyenne de basse altitude ( $T^{\circ}$  min.eau : 10°C) composée de 10 personnes rejetant 700 litres d'eaux usées par jour. Avec une fosse ou digesteur en traitement primaire, 50% de la DBO5 sera éliminée.

Données :

- Rejet en matière polluante pour un EH : 60 g DBO5/EH.jour
- Nombre d'EH : 10EH rejetant 700l/j
- Rendement du traitement primaire : 50%
- Concentration avant traitement primaire :  $C_i' = (60 * 10) / 700 = 0,857$  g DBO5/l = 857 mg DBO5/l
- Concentration après traitement primaire :  $C_i = 857 * 0,5 = 428,5$  mg DBO5/l
- Concentration désirée :  $C_e = 30$  mg DBO5/l
- Porosité :  $n = 30\%$
- Hauteur d'eau :  $Y = 0,5$  m
- Température :  $T = 10^{\circ}C$

Application numérique :

- $K_t = 1,1 * 1,06^{10} = 0,614$  à 10°C
- $Q = 700$  l/j = 0,7 m<sup>3</sup>/j
- Alors la surface est :  $A = (0,7 * (\ln(428,5) - \ln(30))) / (0,3 * 0,5 * 0,614) = 20,2$  m<sup>2</sup> donc 2m<sup>2</sup>/EH

### Remarque :

- On constate d'après le premier exemple d'application que le résultat est similaire à l'estimation basée sur la température du chapitre 3.3.1 : 5m<sup>2</sup>/EH. De même pour le deuxième exemple si on passe à un débit de 1.2 m<sup>3</sup>/l la surface sera alors 3 m<sup>2</sup>/EH.
- Ces dimensionnements théoriques sont basés sur la supposition que le traitement primaire élimine réellement 50% de la DBO5.

### 3.4. Géométrie

D'autre part, la géométrie des bassins est essentielle. La forme et la position de l'entrée et sortie d'eau doivent être optimisées



pour minimiser les chemins préférentiels des courants d'eau. Les formes irrégulières doivent être évitées. Il a été montré que le taux d'abattement le plus élevé des matières organiques polluantes est présent dans les premiers mètres de la zone d'alimentation. En général, les bassins sont rectangulaires avec un ratio longueur/largeur inférieur à 3 :1, afin d'éviter le dépôt de boues et l'accumulation de sédiments près des tuyaux d'entrée. Le ratio minimum longueur/largeur est de 1 :1.

La GIZ ne préconise aucun pas de ratio en particulier. Certaines contraintes de dimension sont néanmoins indiquées dans le Tableau 7 :

Paramètre	Dimension requise pour l'installation de traitement des eaux usées domestiques
Volume du traitement primaire (fosse septique ou digesteur)	3 m <sup>3</sup> par m <sup>3</sup> d'eaux usées/ jour en plaine, 5 m <sup>3</sup> par m <sup>3</sup> d'eaux usées/jour en montagne
Longueur du filtre	Maximum 10 m
Largeur du filtre	Min. 2,5 m/m <sup>3</sup> d'eaux usées
Rapport longueur/largeur	2 à 3 pour les petits bassins (minimum 1 pour les systèmes collectifs)
Superficie	3 m <sup>2</sup> /Equivalent-habitant en plaine, 5 m <sup>2</sup> /EH en montagne
Temps de séjour des eaux dans le filtre	4 jours minimum

Tableau 7: Normes prescrites par la GIZ relatives à l'installation de filtres plantés au Maroc





## 4. Construction du filtre planté horizontal

Dans ce chapitre, seule la construction des filtres plantés à flux horizontal sera abordé par contre la construction des systèmes de prétraitement (comme le dégraisseur ou désableur) et des ouvrages de traitement primaire des eaux usées (comme la fosse septique, le digesteur à biométhanisation) ne sera pas développée dans ce document.

Vous pouvez vous référer au lien internet suivant pour plus d'informations (voir fiches techniques GIZ): <http://www.agire-maroc.org/activites/assainissement-et-reutilisation-des-eaux-usees/catalogue-des-solutions-dassainissement-et-de-reutilisation-en-milieu-rural-02-juin-2015.html>.

### 4.1. Conditions de sécurité

Parmi les risques que le constructeur peut rencontrer lors de la construction d'un filtre planté, on trouve :

Risques	Préventions
Risque de tomber dans une tranchée, une fouille, ou une fosse lors des travaux.	Mise en place d'une signalisation claire lors des travaux, et au minimum le placement d'un couvercle adéquat sur la fosse septique.
Des conduites inattendues croisent la tranchée	Il faut rechercher une solution en collaboration avec les instances responsables et rechercher les impétrants déclarés.
Les fouilles béantes	Doivent être signalées de manière explicite. La fouille de la fosse septique doit être inaccessible à des enfants, ou des animaux.

Une fois tous les éléments mis en place, le passage de véhicules lourds (plus de 2 tonnes) sera interdit à proximité de la fosse septique, du filtre planté ou au-dessus des tuyaux. Le couvercle de la fosse septique sera celui fourni par le constructeur, ou remplacé par un couvercle de solidité au moins identique.

Les couvercles des cuves de répartition et de débordement sont en béton et d'épaisseur minimale de 4cm, ou de solidité au moins identique, et sont adaptés au passage de piétons.

### 4.2. Construction du filtre planté horizontal

Cette partie expliquera les étapes de construction d'un filtre planté classique, constitué d'un bassin construit en béton armé et en parpaing. Les dimensions non mentionnées des différents éléments sont à adapter selon le dimensionnement du filtre. Le filtre peut être construit hors sol ou enterré de 70 cm.



#### 4.2.1. Terrassement et dalle

Le fond de la zone terrassée est couvert d'une couche de pierres concassées (hérissonnage) sauf si le terrain est rocheux. Les dimensions de la zone à terrasser varient avec la surface du filtre planté qui a été dimensionné.

Dans le cas de l'exemple donné en annexe3 (plans d'un filtre planté de 50m<sup>2</sup> (16 à 20 EH)) :

- La dalle de fond sera épaisse de 0,15 m et aura les dimensions extérieures de 5,5m x 10,5m.
- Le fond du bassin est ensuite constitué d'une dalle horizontale en béton armé (350 kg ciment/m<sup>3</sup>) sur 10 à 15 cm d'épaisseur selon la stabilité du sol.
- La dalle sera située à 50 cm sous le niveau bas du tuyau d'alimentation. Elle devra avoir une pente de 0,4% vers l'aval du filtre et être horizontale sur sa largeur.

Dans le cas où le sol sur lequel sera installé le filtre présente une pente importante, il faudra prévoir un mur de soutènement du côté le plus élevé pour éviter tout éboulis. Ce mur de soutènement peut être réalisé en pierres du pays.

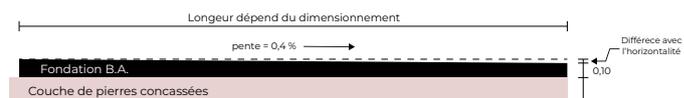


Figure 5: Schéma représentant le terrassement du filtre planté

#### 4.2.2. Maçonnerie des parois

Les parois du filtre sont montées à l'aide de parpaings en béton remplis de mortier au fur et à mesure du montage. Elles peuvent être dressées en pierres naturelles du pays ou en briques si les parpaings sont de mauvaise qualité ou trop onéreux.



Ces parois doivent respecter les consignes suivantes :

- Les parois des bassins en blocs béton (parpaings de 15 cm d'épaisseur mais 20 cm sont conseillés) auront une hauteur de 80 cm (fixe) et seront stabilisées à l'extérieur par des remblais compactés, qui seront ajoutés avant l'arrivée du substrat (graviers à l'intérieur du bassin).
- Si des remblais ne peuvent pas être ajoutés autour du bassin (si celui-ci est hors sol), il faudra renforcer les parois (et surtout les angles) par des fers à béton de 8mm et ce, à chaque niveau de blocs ou de briques.

Les dimensions des murs à maçonner varient avec la surface du filtre planté qui a été dimensionné. Dans le cas de l'exemple donné en annexe 3 (plans d'un filtre planté de 50m<sup>2</sup> (16 à 20 EH)), les murs sont de 5,3 x 10,3 m en dimensions intérieures.

La chambre de visite annexe au filtre (regard étanche) en aval de celui-ci va être construite dans des parpaings de 10cm d'épaisseur. Il s'agit d'une petite chambre de 80 x 80 cm intérieur (voir figure 6). On y ajoutera un couvercle en béton armé de 90x90 cm, dans lequel deux poignées métalliques auront été ajoutées. Plus tard, il faudra veiller à la rendre étanche en appliquant deux couches d'enduit d'étanchéité.

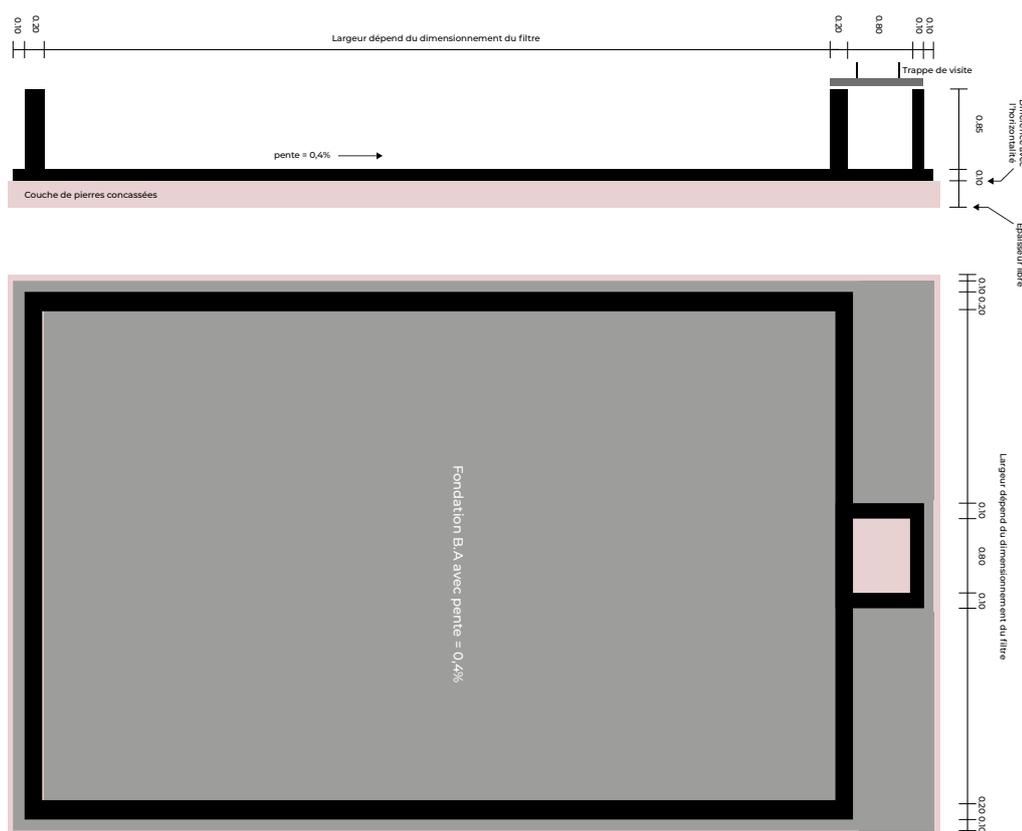


Figure 6: Dalle de fond, murs et tuyaux d'entrée et de sortie et chambre de visite

### 4.2.3. Etanchéification

L'étanchéité intérieure des parois du bassin est assurée soit par:

- Des enduits;
- Une couche de feutre protecteur surmonté d'une géomembrane



Il faudra aussi veiller, une fois les bassins rendus étanches et avant de passer à l'étape suivante (disposition du substrat), à faire un test d'étanchéité en versant de l'eau dans le bassin. Aucune fuite ne sera permise.

#### i. Enduits à base de mortier hydrofuge

L'application d'un enduit imperméable est une solution moins onéreuse que l'achat d'une bâche, mais elle comporte plus de risques. Si l'enduit est mal appliqué ou si des fissures apparaissent dans le béton ou les parpaings, le filtre ne sera pas imperméable. Cela risque de se traduire par une fuite d'eau usée dans la nature ce qui comporte des risques sanitaires et ce qui signifie une perte significative d'eau qui aurait pu être valorisée. Au Maroc, des maçons habitués à construire des citernes d'eau, des metfias ou des châteaux d'eau sont tout appropriés pour réaliser l'étanchéité des filtres plantés.

Afin d'étanchéifier les parois du filtre, il convient d'appliquer trois couches de 7 mm d'épaisseur d'enduit hydrofuge. Celui-ci est constitué de mortier à 350 kg ciment/m<sup>3</sup> et d'hydrofuge pour ciment Sikalite. La dernière couche sera lissée et peut même être couverte d'une couche de goudron liquide.

#### ii. Géomembrane et feutre

Les bâches ont l'avantage d'être totalement imperméables. Toutefois, elles sont onéreuses et sujettes à la perforation si un minimum de précaution n'est pas pris. En Europe, la grande majorité des filtres sont étanchéifiés au moyen de géomembranes. Certains sont entièrement en béton sans bâches, d'autres encore sont montées à l'aide de bacs plastiques. Les géomembranes doivent avoir une épaisseur de 1mm. Leurs dimensions varient en fonction de la taille du filtre planté qui aura été dimensionné.

#### Exemple :

Dans le cas de l'exemple donné en annexe 3 (plans d'un filtre planté de 50m<sup>2</sup> (16 à 20 EH)), la géomembrane de 1mm d'épaisseur aura les dimensions de 13,0 m x 8,0 m.

Les types des géomembranes :

L'EPDM (Ethylene Propylene Diene Monomer) : Est une géomembrane noire, élastique et raisonnablement facile à mettre en place, cette matière reste toutefois fragile et il est fréquent de voir des fuites. Si cette option est choisie par le constructeur du filtre, il faudra veiller à ce que le sol sur lequel elle est installée soit propre, sans aspérités et sans aucun caillou ou tout autre objet tranchant. La bâche est protégée des maçonneries par un feutre (ou géotextile) qui vient s'intercaler entre la dalle de

béton, les murs maçonnés et la bâche en EPDM.

Le PEHD (Poly Ethylène Haute Densité) : Est un plastique plus solide et rigide. Il se présente sous forme de membrane peu flexible noire qui peut être soudée si on dispose des outils adéquats. Avec ce type de bâche, moins de problèmes de perforation ne sont à craindre, mais son installation dans le filtre va demander plus de technicité.

Mise en place

Pour les deux types de géomembrane, les passages de tuyaux seront réalisés par un technicien spécialement formé à cet effet. Les graviers utilisés comme substrat sont de préférence arrondis (petits galets), ce qui signifie qu'ils ne présentent pas d'arêtes coupantes. Le remplissage doit dans tous les cas être réalisé précautionneusement.

Si un chien ou autre animal ayant accès au filtre planté est susceptible de creuser dans le substrat ou d'abîmer la bâche, l'accès au filtre planté devra lui être empêché au moyen d'une clôture.

La partie difficile de l'installation d'une bâche est dans la gestion des coins. La bâche sera posée d'une seule pièce ou soudée sur place (pas de collage ou « vulcanisation » autorisés sur site). La solution la plus efficace pour gérer le surplus de bâche au niveau des coins de la cellule du filtre (sans devoir couper) est de la plier sur elle-même. Les Figure 7 et Figure 8 illustrent comment plier la bâche au niveau des coins.



Figure 7: Principe de pliage de la bâche pour en faire un réceptacle étanche



Figure 8: Pliage de la bâche - vue du côté du dispositif d'entrée

### 4.2.4. Pose des canalisations d'alimentation, d'entrée et de sortie, du système de répartition et du drain

#### i. Instructions à respecter

- Le diamètre minimal des conduites est de 110 mm (pour les



eaux usées de 1 à 20 personnes) 200 mm sont nécessaires pour (21 à 50 personnes) et 250 à 300 mm seront choisis pour des tailles supérieures.

- Tous les organes de conduites doivent être étanches.
- Les différentes parties de tubes PVC seront collées entre elles pour éviter toutes fuites.
- Les tubes seront enterrés de plus de 60 cm en zones de risques de gel.
- Eviter les coudes à 90° et les tés qui risquent de se colmater.
- Utilisation de préférence des formes à 45° et en Y.

### ii. Canalisations de connexion

Afin de relier le dispositif de prétraitement au filtre planté, on doit assurer les points suivants :

- Pour déplacer les eaux, il faut prévoir une pente minimale des conduites de 1 % entre le système de prétraitement et le filtre et une pente de min. 2% en amont du prétraitement. Dans le cas où la topographie ne le permet pas, il est nécessaire de prévoir une petite pompe de relevage. Un tel cas de figure sera détaillé dans le chapitre 4.2.5.
- les tubes PVC et les buses en béton seront enrobées d'une couche de 10 cm de sable stabilisé au ciment (150 kg de ciment par m<sup>3</sup> de sable).
- Ces conduites pourront ensuite être remblayées de sable et de terres tamisées (sans pierres ni graviers)
- Si les tuyauteries devaient être amenées à se trouver sous une zone de passage d'engins (voiture, camions), les tubes ou buses devraient être entourés d'un béton armé sur une épaisseur de 10 cm et être enterrés de plus de 60 cm. Ce genre de situation est donc à éviter dans la mesure du possible.
- Des chambres de visites (min. 50 cm x 50 cm x profondeur minimale 60 cm) permettront des connexions de plusieurs conduites, modifications des trajets (angles importants) et des nettoyages des conduites si nécessaire. Ces chambres maçonnées en blocs de 15 cm seront couvertes de dalles amovibles en béton armé.

### iii. Répartition dans plusieurs cellules

En cas de mise en parallèle de plusieurs cellules de filtre (pour des installations de taille importante, fonction du dimensionnement) et pour une répartition aisée des eaux usées, une chambre de répartition (qui sert aussi de chambre de visite) est installée en amont des cellules de filtre.

La chambre de répartition se compose, comme la Figure 9 le montre, d'une chambre en béton armé et en parpaing enterrée, dans laquelle se déversent les eaux usées prédécantées. Les eaux sont réparties de façon équitable dans différents petits bassins par gravité. Une certaine quantité d'eau est alors déversée de façon équitable dans chaque série de cellule parallèle. Le nombre de cellule du filtre planté déterminera le nombre de bassin de répartition et donc la largeur de la chambre de visite.

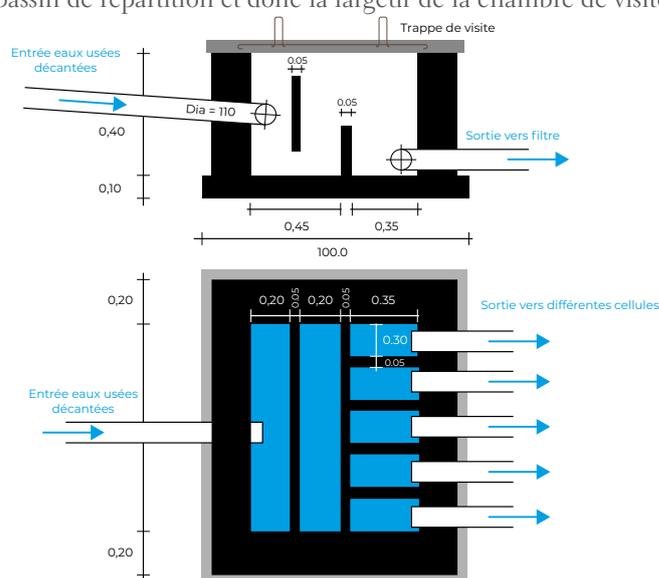


Figure 9: Coupe et vue en plan d'une chambre de distribution en amont d'une série de cellules d'un filtre planté

### iv. Canalisations d'alimentation et de sortie du filtre et chambre de sortie

Les tuyaux d'entrée et de sortie sont intégrés dans les parois amont et aval du filtre, au centre de la largeur du filtre. Il faut donc appliquer les consignes suivantes :

- Le niveau bas du tube d'alimentation doit être situé à 50 cm au-dessus de la dalle du fond
- le tuyau de sortie doit être situé à 10 cm du fond (par rapport au bord du tuyau)
- Ce même tuyau de sortie sera, en aval du filtre, relié à un coude et un tuyau de 110 mm jusqu'à une hauteur de 54 cm
- La sortie sera contenue dans une chambre de visite en



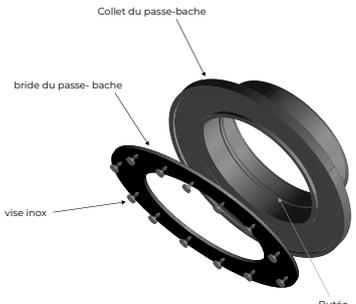


Figure 11: Vue éclatée d'un passe-bâche

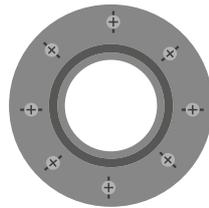


Figure 12: Passe-bâche de sortie - vue de face

- La chaîne d'accroche permet de remonter la pompe
- Le flotteur secondaire, permet de détecter un dysfonctionnement de la pompe. Il est accroché à la chaîne d'accroche et disposé de telle manière à ce qu'il ne puisse s'enclencher lors du fonctionnement normal de la pompe, mais qu'il s'enclenche avant que les eaux usées ne puissent atteindre au minimum 10cm en dessous du niveau d'entrée des eaux usées prétraitées
- La chambre de visite et les rehausses sont surmontées d'un couvercle adapté au minimum au passage des piétons. Ils doivent être rendus étanches.
- Une gaine annelée permet de raccorder les câbles électriques au tableau électrique présent dans l'habitation
- Le tuyau d'évacuation de la pompe est équipé d'un anti-retour, ainsi que d'une vanne permettant de régler le débit.

### iii. Performance de la pompe :

La pompe doit permettre l'atteinte d'un débit, en entrée de filtre planté, compris entre les valeurs suivantes (Tableau 8) :

Débits minimum et maximum de la pompe	EH		
	5	10	20
$Q_{min}$ (l/s)	1,5	1,76	2,49
$Q_{min}$ (m <sup>3</sup> /h)	5,4	6,34	8,97
$Q_{max}$ (l/s)	2,9	5,4	10,2
$Q_{max}$ (m <sup>3</sup> /h)	10,5	19,4	36,9
Rapport débit max/min	1,94	3,06	4,11

Tableau 8: Débits minimum et maximum de la pompe de relevage en fonction du nombre d'EH

Il est donc attendu d'une pompe de relevage qu'elle puisse atteindre des débits de minimum 5,4 à 9 m<sup>3</sup>/h et de maximum 10,5 à 36,9 m<sup>3</sup>/h. Il est préférable d'obtenir un débit juste supérieur au débit minimum.

Les diamètres intérieurs minimum, maximum et préconisés sont présentés au Tableau 9, de même que les hauteurs manométriques totales atteignables par les différents modèles de pompes 'xx' immergées, débit minimal atteignable.

Débits minimum et maximum de la pompe	EH		
	5	10	20
Débit (m <sup>3</sup> /h)	5,4	6,3	9,0
Diamètre max (mm)	52	57	67
Diamètre min (mm)	29	31	37
Hmax Rx m2/20 (m)	4,5	4,1	2,8

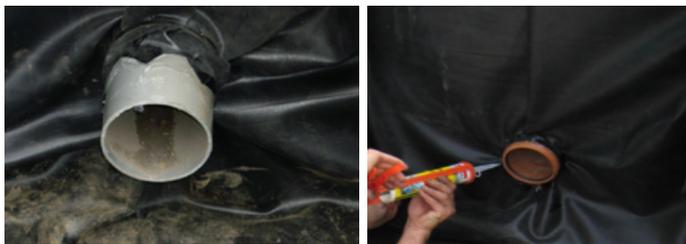


Figure 13: Passage d'un tuyau PVC à travers une géomembrane en EPDM sans passe-bâche

## 4.2.5. Installation électrique (optionnel) : fosse de relevage

### i. Le rôle d'une fosse de relevage

Une pompe de relevage est utilisée lorsque la déclivité naturelle n'est pas suffisante, elle placée en aval de la fosse septique (entre la fosse septique et le filtre planté).

### ii. Les constituants d'une pompe de relevage :

Les différents éléments constitutifs d'une fosse de pompage sont présentés à la Figure 14.

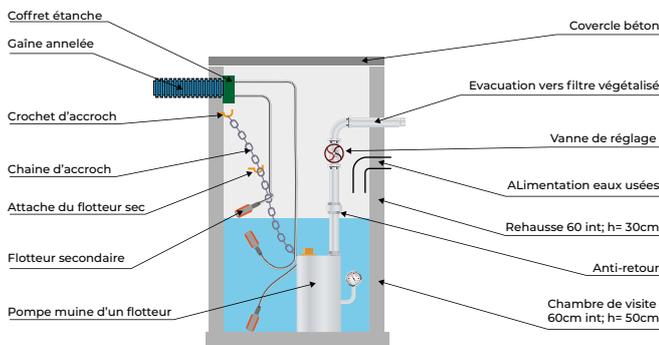


Figure 14 : Schéma de la fosse de pompage

- La pompe munie d'un flotteur est disposée dans une chambre de visite de dimension 60 cmx60cm intérieur et de 50cm de hauteur



Hmax RX m3/20 (m)	5,8	5,3	3,9
Hmax RX m4/40 (m)	7,4	6,9	5,7
Hmax RX m5/20 (m)	10,4	10,0	8,7

Tableau 9: Diamètres minimum et maximum des tuyaux de refoulement en fonction des vitesses minimum et maximum à atteindre dans les canalisations, à débit minimum

Pour une hauteur de fonctionnement du flotteur principal de 30cm (volume de bâchée de 108 litres), le nombre de bâchées par jour, ainsi que le temps de fonctionnement maximal de la pompe par jour sont indiqués au Tableau 10.

Paramètres	EH		
	5	10	20
VJ (m³)	0,75	1,5	3,0
Q <sub>min</sub> (m³/h)	5,4	6,34	8,97
Q <sub>min</sub> (l/min)	90,0	105,7	149,5
Nbj (j-1)	6,9	13,9	27,8
Tf (min/j)	8,3	14,2	20,1

Tableau 10: Volume pompé, débit min, nombre de bâchées et temps max journalier de fonctionnement de la pompe

Exemple : Pour un débit de 5,4 m³/h et pour 5EH, le nombre de bâchées par jour sera de 7, et la pompe fonctionnera en moyenne 8,3 minutes par jour.

#### Exemple :

Pour un débit de 5,4 m³/h et pour 5EH, le nombre de bâchées par jour sera de 7, et la pompe fonctionnera en moyenne 8,3 minutes par jour.

#### iv. Schéma électrique du système de pompage :

Le schéma électrique du coffret est présent à la Figure 15. La pompe, munie de son flotteur intégré, est alimentée via un fusible de 20 A. Un différentiel de 30 mA doit être présent sur la ligne. Le flotteur secondaire permet le déclenchement d'une alarme sonore (ex Ronfleur 230V – 4VA 73 DB Legrand ref 004113 ou équivalent).

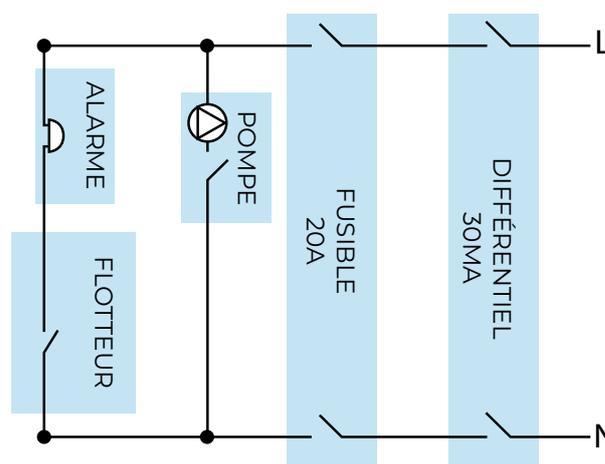


Figure 15: Schéma électrique de principe du système de pompage

#### 4.2.6. Système de répartition et drain

Les tubes d'alimentation et de sortie des eaux seront équipés de tés et de tubes PVC horizontaux, de même diamètre que les autres (110mm) et percés au préalable (trous de 2 cm de diamètre tous les 10 cm) destinés à répartir les eaux sur toute la largeur du bassin de façon équitable. Il faudra veiller à ce que ces tuyaux ne soient pas abîmés et bien posés à l'horizontale.

Les tuyaux de répartition seront bouchés à leur extrémité avec un bouchon PVC pour tube PVC diamètre 110. L'extrémité du bouchon sera située à 10cm du bord du bassin.

Le drain, quant à lui, sera équipé de « reniflards ». Il s'agit simplement de tuyaux d'aérations qui sont recourbés vers le bas pour éviter qu'ils ne soient bouchés par de potentiels objets exogènes. Ils sont constitués chacun d'un premier coude à 90° dirigé vers le haut partant de l'extrémité du drain ; dans la continuité de ce coude se présente un morceau de tuyau PVC de 66cm, qui lui-même est emboîté dans un second coude à 90° dirigé vers l'intérieur du filtre ; un tout petit morceau de tuyau PVC relie ce dernier au dernier coude à 90° qui plonge vers le bas (voir Figure 16). Les extrémités du drain seront elles aussi disposées à 10cm du bord du bassin.

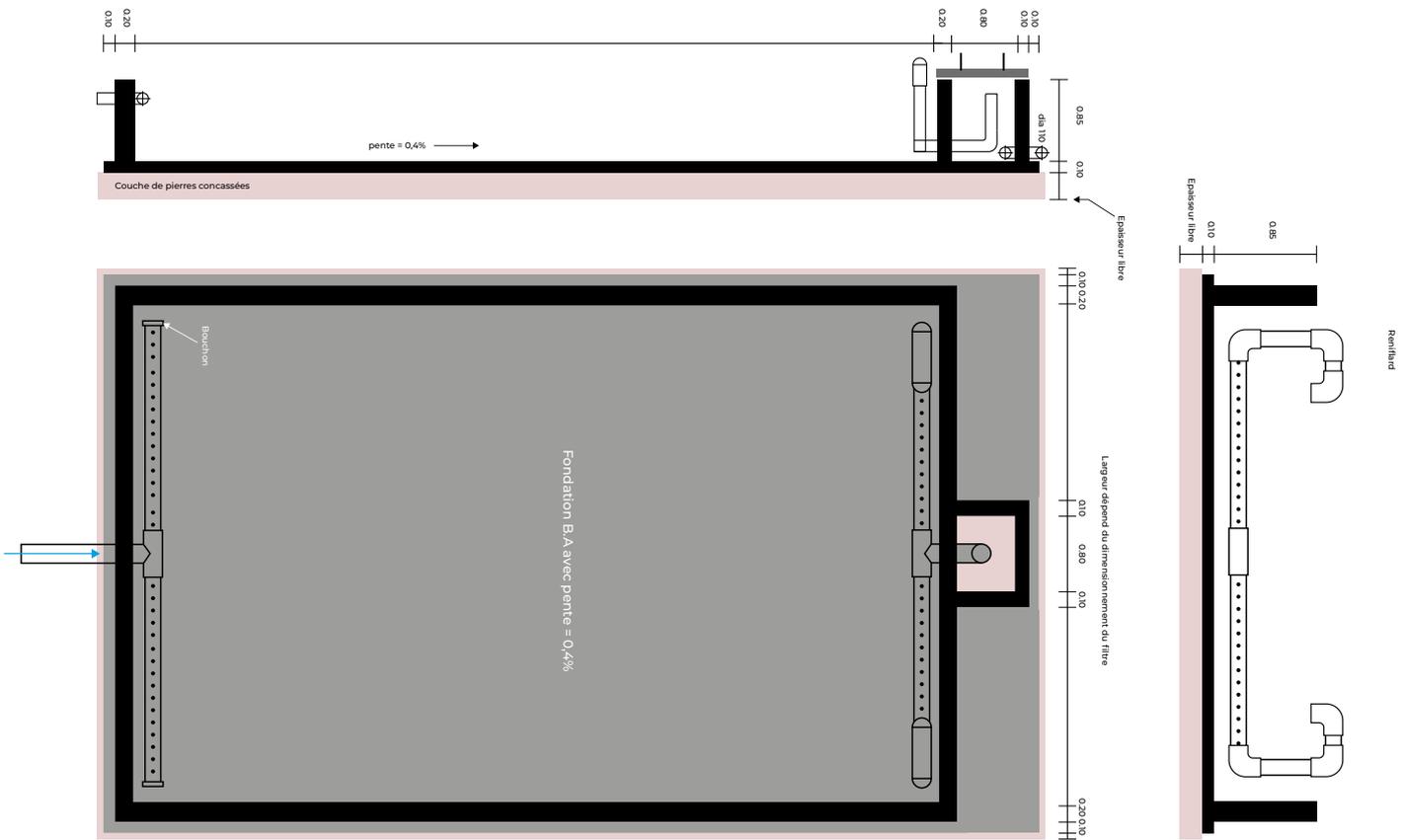


Figure 16: Cellule du filtre planté avec canalisations d'alimentation du système de répartition

#### 4.2.7. Substrat en gravier

##### i. Choix du gravier :

Le gravier à utiliser doit être arrondis avec un gros diamètre pour permettre une conductivité hydraulique. Or plus le diamètre du substrat est petit, plus la surface spécifique totale est importante, offrant plus de surface disponible pour l'ancrage des bactéries et permettant un développement accru du biofilm. Cependant, ces substrats sont plus susceptibles de se colmater. Donc comme solution on utilise un matériel grossier en amont du filtre et un matériel plus fin en son cœur

##### ii. Mise en place de gravier :

- Remblayer l'espace entre les parois extérieures et le sol. Si le filtre est hors sol, il est nécessaire de renforcer les coins du filtre avec des fers à béton de 8 mm à chaque niveau de blocs (évoqué au chapitre 4.2.2). Il est de toute façon conseillé d'ajouter des remblais (talutage) tout autour du bassin.
- De gros graviers (tailles mélangées de 6 à 10 cm de diamètre, sans angles aigus) sont disposés sur une largeur de 60cm en amont et en aval du filtre, recouvrant le tuyau de répartition ainsi que le drain. Cela aura aussi comme effet de permettre une bonne répartition des eaux et d'éviter aux tuyaux PVC de se remplir de graviers fins.
- Le centre du bassin sera rempli de graviers ronds (ou concassés, mais sans angles aigus) propres et lavés de 2 à 10 mm de diamètre, offrant une porosité contenue entre 20 et 40 %, sur une hauteur de 60 cm.
- Une couche de 20 cm de gravier de taille intermédiaire entre les deux couches existantes (1 à 2 cm) sera intercalée.



- Il faut éviter, dans la mesure du possible des graviers calcaires (qui peuvent être attaqués par des eaux usées acidifiantes).

La surface des filtres doit être bien plane afin d'éviter les zones surélevées, où les plantations se retrouveraient plus hautes par rapport au niveau d'eau. Cela aurait tendance à créer des zones mortes dans les plantations, et donc des écoulements préférentiels, ce qu'il faut éviter (voir Figure 17).

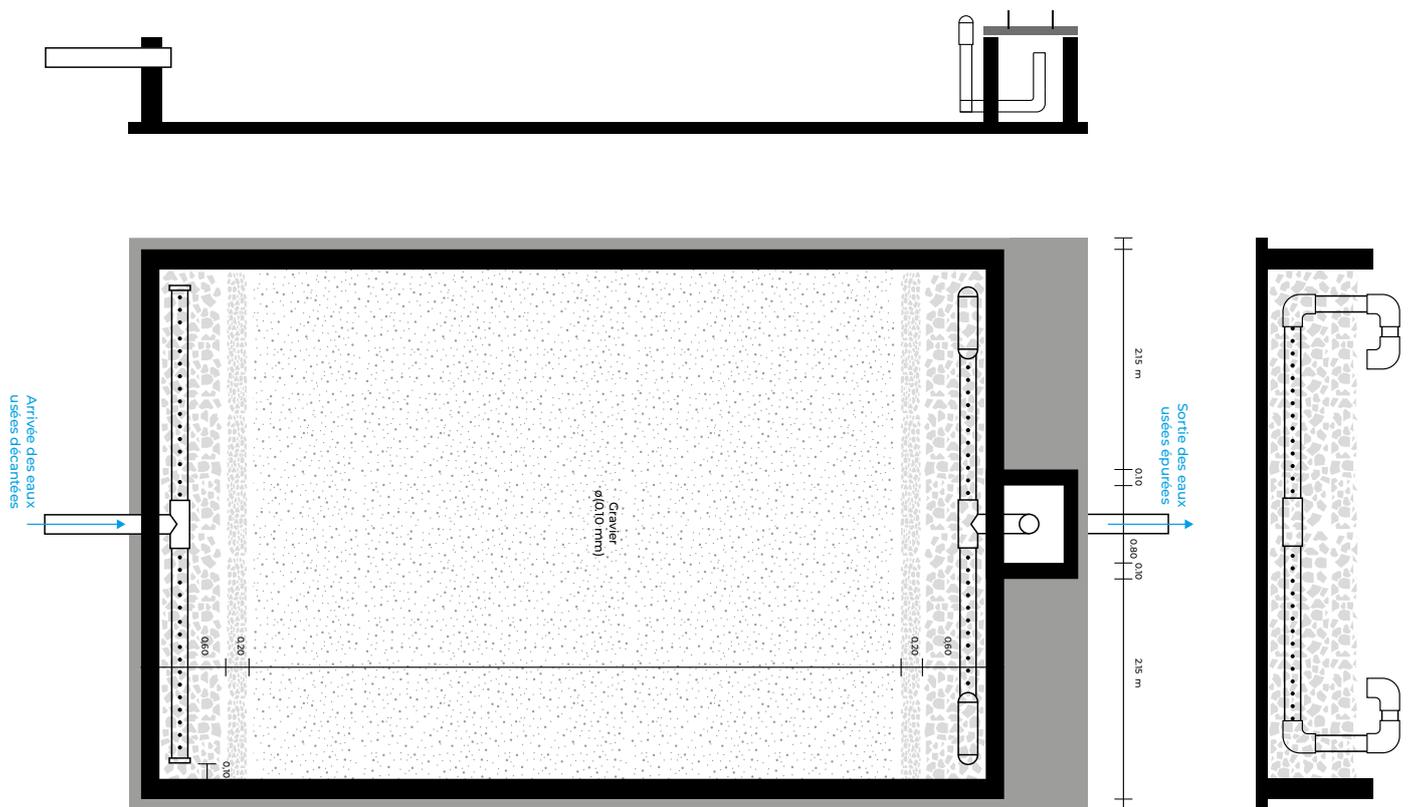


Figure 17: Schéma représentant le filtre rempli de graviers, en attente des plantes

#### 4.2.8. Plantation

Lorsque les filtres plantés sont sous eau (min. 54 cm de hauteur d'eau), les plantations peuvent être effectuées. Il n'est cependant pas envisageable de planter n'importe quelle plante dans le filtre. Comme expliqué dans le chapitre 2.1.2, certaines plantes seulement peuvent être considérées comme épuratrices.

La végétation doit être régulière. Pour ce faire, un plant de phragmite, par exemple, est planté en ligne tous les 40 à 50cm. Les lignes sont espacées elles aussi de 40 à 50 cm et les plants sont disposés en quinconce. Il y a donc environ 5 plants par m<sup>2</sup>. La plantation se fait directement dans les graviers, en y creusant un petit trou d'une dizaine de centimètres de profondeur, en y déposant le plant et en rebouchant immédiatement.

#### 4.2.9. Pourtours du bassin

Prévoir un chemin d'accès de minimum 50 cm de largeur pour assurer le contrôle et la maintenance des cellules. Un chemin d'accès de 3 m sera également prévu pour permettre l'accès du véhicule de vidange de la fosse septique et des canaux d'amenée des différentes cellules.



### 4.3. Procédure de mise en service

Lorsque le substrat a été déposé dans le filtre, et que l'ensemble des canalisations est connecté et aboutit à un exutoire autorisé, le filtre peut être raccordé à l'évacuation des eaux usées de l'habitation concernée. Le filtre est alors alimenté au fur et à mesure d'eau des habitants.

Toutefois, il n'atteindra sa pleine efficacité qu'après la plantation et un développement suffisant du système racinaire des plants pour permettre un bon support du substrat bactérien. Quelques semaines sont nécessaires pour atteindre un niveau de fonctionnement normal d'un point de vue épuratoire. Il est important d'enlever mensuellement (et pendant toute la première année) les adventices et les arbres et arbustes qui s'implanteraient dans les graviers et aux alentours du filtre.

### 4.4. Coûts de construction et d'exploitation

Les coûts de construction et d'exploitation d'un filtre planté varient d'un pays à l'autre et d'une région à l'autre. Le coût d'investissement est, lui, variable selon le type de sol, le coût des matériaux, de la main d'œuvre et le type et la taille du filtre (par EH, car leur taille varie de 1 à plus de 10000 Equivalent-Habitants). Les coûts d'exploitation sont assez réduits : il faut vider le système de traitement primaire (fosse septique ou décanteur-digesteur) tous les 1 à 3 ans (lorsque les boues atteignent plus d'un tiers du volume de l'ouvrage) ; la récolte des plantes est aussi à considérer, si on les exploite ; le filtre lui-même devra être nettoyé régulièrement et fera l'objet de contrôles fréquents (voir chapitre 5).

Le coût de construction par habitant estimé par la GIZ est compris dans une fourchette qui va de 1000 à 2000 MAD (91 à 182 euro) en zone à hiver froid (en zones montagneuses, par exemple), et probablement à moins de 500 MAD (45 euro environ) en zone à hiver chaud (en plaine) (car, comme indiqué dans le chapitre 3, la taille du filtre dépend de la température). Voir en annexe 1 l'estimation des prix de matériaux de construction et le coût de la main d'œuvre d'un filtre planté et d'un traitement primaire (décanteur/ digesteur) pour 10EH

à atteindre en entrée de filtre et du dénivelé (=hauteur manométrique totale).

#### Exemple :

Une pompe immergée proposée pour pomper des eaux usées de 5 à 20 EH depuis la sortie de la fosse septique jusqu'au filtre planté (tant que la différence de cote altimétrique est inférieure à 10m) a une puissance de 0,37 à 1,1kW.

Paramètres	Equivalent Habitant (EH)		
	5	10	20
Volume d'eau (V en m <sup>3</sup> /jour)	0,75	0,15	0,30
Débit pompe (Q en L/min)	90,0	105,7	149,5
Temps de fonctionnement (Tf en min/jour)	8,3	14,2	20,1
Puissance (P en kW)	0,37	0,37	0,37
Coût annuel (Dh/an)	51,3	87,4	123,5

Tableau 11: Table d'estimation des coûts annuels de la pompe 'xx' immergée en fonction du nombre d'EH qu'elle doit traiter

#### Cas de présence d'une pompe de relevage

Les filtres plantés alimentés par gravité ne nécessitent en principe aucun appareil électrique. C'est seulement dans le cas d'une alimentation par pompe de relevage qu'une consommation électrique aura lieu. Celle-ci sera proportionnelle à la hauteur manométrique à atteindre et au débit. Plus la hauteur manométrique augmente, plus la pompe consommera et plus elle devra être puissante. Le choix de la pompe doit donc se faire en fonction du débit





## 5. Entretien et gestion du filtre planté horizontal

Pour un bon fonctionnement du filtre planté horizontal à gravier, il faut y prêter une certaine attention. Le chef de ménage domestique, les agents d'entretien de la commune ou encore des professionnels, doivent réaliser scrupuleusement les consignes fournies dans ce guide. Si cet entretien est négligé, le filtre pourrait ne pas fonctionner correctement. Il pourrait s'ensuivre une épuration non terminée et/ou des complications sanitaires.

### 5.1. Risques liés aux conditions climatiques

Préventions	Prévoir un aménagement de protection (diguette) afin de protéger l'ouvrage	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les chambres de visite et le bac de débordement seront couverts d'un géotextile et d'une couche de sable d'au moins 20 cm</li> <li>Poser une couche de gravier et un paillis au-dessus des deux tuyaux de répartition et des gros galets à l'entrée du filtre.</li> </ul>
Risques	Filtre planté dans une zone pouvant encourir un risque d'inondation ou de coulée boueuse	Filtre situé dans des zones à gel intense

### 5.2. Mesures de protection du filtre planté

Afin d'éviter tout dommage aux installations, les mesures de protection suivantes doivent être prises en considération :

- Les véhicules sont tenus éloignés des installations. Aucun véhicule ne peut rouler sur les canalisations qui n'ont pas été renforcées (voir chapitre 4.2.4.ii).
- Le filtre doit être installé à plus de trois mètres d'un ou de plusieurs arbres, car les racines de celui/ceux-ci pourraient endommager les installations.
- L'ouvrage sera protégé par une clôture, pour les filtres pouvant encourir un risque de dégradation tant humain (enfants qui jouent, par exemple) qu'animalier (chiens qui creusent, par exemple).
- Il est déconseillé d'ajouter des réactifs dans les eaux usées, car cela peut perturber fortement le fonctionnement du système.
- il faut éviter au maximum l'emploi de produits tels que l'eau de javel, produits de débouchage, etc. Ponctuellement (une à deux fois par mois), une faible quantité de ces produits (un capuchon) est admise s'il est nécessaire de les employer.

- Il est interdit de déverser des huiles minérales, des eaux de dilution d'herbicides, des huiles usagées, des liquides ou vapeurs corrosifs, les diluants, les acides, des matières inflammables, des composés cycliques hydroxylés et leurs dérivés, notamment tous les carburants et lubrifiants ou de pesticides dans les canalisations des eaux usées.
- L'utilisation de réactifs pourrait entraîner des problèmes de corrosion des matériaux constituant la fosse et le filtre ou perturber gravement les micro-organismes ou les plantes présents dans la fosse et le filtre. Par exemple, les bactéricides et solvants puissants sont interdits car ils peuvent entraver l'action des bactéries dans le décanteur-digesteur et dans le filtre planté. Ils pourraient aussi compromettre l'étanchéité des cellules du filtre (attaque de la bâche et/ ou du béton).
- Seuls les produits garantissant un bon fonctionnement des fosses septiques sont autorisés pour nettoyer ponctuellement les toilettes.
- Il est interdit de jeter des corps solides susceptibles de nuire soit au bon état, soit au bon fonctionnement du réseau, comme des lingettes, serviettes hygiéniques, tampons périodiques, etc.
- Pour la qualité de vos rejets ainsi que pour votre santé, il est conseillé l'utilisation de produits d'entretien et de lavage corporel écologiques.

### 5.3. Entretien

La filière de traitement présente une très bonne robustesse physique et biologique, mais l'entretien ne peut pas pour autant être négligé. Cet entretien consiste en :

- Entretien des abords et accès aux différents éléments de la filière,
- Vidange de la fosse septique,
- Vérification de l'intégrité des différents constituants,
- Bon écoulement de l'eau à travers de la filière ainsi que la vérification du niveau d'eau dans le filtre.

#### 5.3.1. Entretien régulier

Les éléments suivants seront vérifiés, au moins une fois par an, lors de chaque visite par la personne chargée de l'entretien du filtre:

- Vérification de la date de la dernière vidange des boues de la fosse septique ;



- Vérification de la date de nettoyage des chambres de visite et tuyaux ;
- Vérification de la date du dernier entretien ;

Un contrôle visuel sera effectué au niveau de la fosse septique, des chambres de visite, des tuyaux de répartition et du bac de débordement. D'abord, il faut veiller à ce que la fosse ou le digesteur ne soit pas obstrué par des déchets ou des couches flottantes et dépôts. Si des problèmes d'écoulement sont observés, il sera nécessaire de procéder à une vidange du filtre pour permettre le nettoyage minutieux des dépôts et déchets, la réparation des fuites constatées aux parois, bâches et tuyaux, le nettoyage des tuyaux de répartition ainsi que l'enlèvement des éventuelles plantes gênantes.

Dans les endroits du monde où on utilise du papier WC et où on déverse des graisses dans les eaux grises (vaisselle), on considère qu'il est nécessaire de vider la fosse septique tous les quatre ans.

### 5.3.2. Vérification du niveau d'eau dans le filtre planté

Lors de l'entretien, il est nécessaire de vérifier le niveau d'eau dans le filtre planté en évaluant le niveau d'eau dans le tuyau de débordement présent dans la chambre de réglage du niveau. Il se peut que le niveau d'eau soit légèrement en-dessous du niveau de débordement ; en effet, en période sèche et/ou en période de faible consommation d'eau, l'évapotranspiration peut être supérieure à l'alimentation en eau. Après une période pluvieuse prolongée, le niveau d'eau dans le filtre doit arriver au niveau de débordement.

Il faut donc :

- Vérifiez que l'eau s'écoule au niveau de la fosse septique, de la chambre du système de répartition de l'eau, et dans la chambre de réglage du niveau au moment d'ouvertures des différents regards de la filière de traitement. Cette opération peut prendre plusieurs minutes, en fonction de la longueur des canalisations, du débit entrant et du niveau d'eau initial dans le filtre
- Vérifiez qu'aucun dépôt ne s'est formé au niveau des tuyaux de répartition (voir si l'écoulement se fait bien par tous les trous prévus) et qu'il n'y a pas d'accumulation de boues dans la chambre du système de répartition et que l'ensemble des couvercles sont intacts et bien positionnés.
- Vérifiez qu'aucune racine de Phragmites n'est entrée dans les tuyaux de répartition, sinon voir Chapitre 5.3.8.
- Vérifiez que le niveau du tuyau de débordement est toujours à 54 cm par rapport au fond du filtre.

- Vérifiez également qu'il n'y a pas d'eau apparente à la surface du filtre planté, sinon voir chapitre 5.3.8

### 5.3.3. Intégrité des différents constituants

Vérifiez que les éléments suivants n'ont pas subi d'endommagement :

- Couvercles/trapillon des différentes chambres de visites et fosses septique ;
- Chambres de visites et rehausses ;
- Membrane ou enduits d'étanchéité de la cellule du filtre planté ;
- Couvercles, chapeaux de ventilation et grille de ventilation ;
- Raccordements et des tuyauteries ;

### 5.3.4. Entretien du dispositif de traitement primaire

Pour entretenir le dispositif du traitement primaire, il faut :

- Vérifier que la fosse septique (ou le digesteur) n'est pas envahie de déchets non dégradés ou non dégradables
- Vérifier la hauteur des boues accumulées. Cette hauteur ne doit pas dépasser la moitié de la hauteur d'eau de la fosse septique.
- La fosse septique doit être vidangée minimum tous les quatre ans.

#### Précautions :

Ces opérations doivent être réalisées par un opérateur muni de gants imperméables, d'un masque et de lunettes de sécurité, et l'ensemble du matériel doit être désinfecté avant et après utilisation pour éviter toute propagation de bactérie nuisible. Il convient de faire particulièrement attention à tout risque de chute une fois la fosse septique ouverte. Après la vidange, la fosse septique doit être remplie à l'eau claire, en veillant à conserver une faible quantité de boue dans le fond de la fosse afin de réensemencer la fosse en bactéries.

### 5.3.5. Contrôle de développement végétatif et enlèvement des objets exogènes

Pour un développement sain des végétaux, il faut respecter les consignes suivantes :

- Eliminer les plantes parasites et tout autre élément indésirable (plastiques, autres plantes, cailloux, etc.).
- Les galets placés à l'entrée et à la sortie des cellules ne



devront pas être couverts de plantes, de feuilles, de graviers ou de débris ; ils doivent rester aérés.

- Toute plante proliférant dans les galets à l'entrée ou à la sortie du filtre sera donc systématiquement arrachée.
- Les abords des cellules du filtre seront fauchés de manière à garder un développement herbagé limité au maximum à 25 cm.
- Tous les arbres et arbustes situés à moins de 3 mètres du filtre seront systématiquement éliminés. Seules des haies taillées annuellement sont admises à moins de trois mètres.
- Une fauche annuelle au printemps ou en automne des Phragmites est conseillée mais n'est pas obligatoire.
- Il est conseillé de faucher au moins tous les 4 ans afin de limiter l'accumulation de matière organique à la surface du filtre.
- Les Phragmites fauchés peuvent être laissés sur le filtre pour constituer un paillis au-dessus des graviers ou ils seront utilisés comme 'bois d'allumage' ou paillis pour les fleurs ou arbustes.
- On procèdera régulièrement à un ramassage des objets exogènes (inertes et organiques) qui se seraient déposés sur la surface du filtre.

### 5.3.6. Entretien de la pompe (en cas de relevage des eaux usées)

Un contrôle fonctionnel des pompes et des composants électromécaniques doit être réalisé, Au cas de besoin, on peut remplacer les pièces usées. Il faut aussi :

- Nettoyer la pompe et vérifier les raccords
- La chambre de pompage doit être curée des boues si la hauteur de celles-ci atteint le niveau de prise d'eau.
- En cas de panne importante de la pompe, elle sera remplacée.
- La durée de vie des pompes est comprise entre 2 et 7 années selon la fréquence les conditions d'utilisation (comme la température, manipulation, qualité des eaux, obstructions par des objets).
- La garantie est généralement de deux à trois années.
- La pompe ou la station de relevage devra être entretenue

suivant les prescriptions du constructeur au minimum 4 fois par an.

### 5.3.7. Entretien du dégraisseur

En cas de présence d'un dégraisseur (restaurant ou cuisine collective), on doit :

- Vérifier régulièrement (tous les 3 à 4 mois). Il faut alors
- Vérifier la non saturation du bac, l'absence d'odeurs, le non colmatage des canalisations en amont et en aval et l'absence de corrosion.
- Un dégraisseur doit être vidangé par un vidangeur agréé.

### 5.3.8. Pannes du filtre : causes possibles et solutions

Pannes	Solutions
Les racines des plantes ont envahi les tuyaux de répartition ou le drain	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enlevez précautionneusement les galets se trouvant en face des tuyaux de répartition ou du drain</li> <li>• Sectionnez les racines et procédez à l'extraction.</li> <li>• Remettez en place les galets. Remplacez les bouchons des tuyaux s'il y a</li> </ul>
Le filtre semble bouché et les eaux usées affleurent à la surface des graviers	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier que le dispositif de prétraitement (fosse septique ou digesteur) fonctionne toujours correctement</li> <li>• Déboucher les tuyaux, au besoin à l'aide d'un nettoyeur haute pression muni d'un 'rat'</li> </ul>
L'eau ne s'écoule pas dans les graviers	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Placer une pompe immergée dans le fond de la couche de galets situés à la sortie du filtre et enlever l'eau au fur et à mesure</li> <li>• Enlever les galets situés à l'entrée du filtre et nettoyer les soigneusement des boues et racines</li> </ul> <p>En cas d'échec, il faut enlever tous les graviers fins et nettoyer les boues et racines de roseaux, replacer les et replanter des roseaux</p>

### Cas d'interruption d'alimentation :

les interruptions d'alimentation du système (vacances de moins de 2 mois, etc.) n'ont pas d'incidence majeure sur le fonctionnement de la filière. Néanmoins, une longue période sans alimentation des plantes en eau leur serait fatale.

### 5.4. Précautions

Les interventions en milieu septique comportent un risque réel pour la santé humaine et nécessitent des précautions particulières. Donc, avant de procéder au contrôle ou l'entretien



du filtre planté, il faut veiller que :

- La peau et les vêtements ne pourront en aucun cas être en contact direct avec les eaux usées contenues dans les différents organes de la filière.
- Le port de gants, masques et de lunettes de sécurité est conseillé.
- En cas de contact et/ou d'ingestion accidentels, rincez les parties exposées abondamment à l'eau claire et au savon.
- En cas de maladie, rendez-vous chez le médecin ou vers le centre hospitalier le plus proche.

### 5.5. Analyse chimique

Une analyse d'eau (DCO, DBO5, pathogènes et MES) à la sortie du système permet de vérifier le bon fonctionnement épuratoire du filtre. La valeur fertilisante des eaux épurées permet aussi de connaître son bon état pour sa valorisation en irrigation.







## Bibliographie

AERMC (Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse), (1999) : Epuration des eaux usées par des filtres plantés de macrophytes – Une étude bibliographique. 78p

AERM, (2007) : Procédés d'épuration des petites collectivités du bassin Rhin-Meuse. Fosses toutes eaux. [http://www.eau-rhin-meuse.fr/tlch/procedes\\_epuration/F01\\_fosse\\_toutes\\_eaux.pdf](http://www.eau-rhin-meuse.fr/tlch/procedes_epuration/F01_fosse_toutes_eaux.pdf)

AFNOR, (2009) : CEN/TR 12566-5. Petites installations de traitement des eaux usées jusqu'à 50 EH. Partie 5 : Systèmes de filtration d'effluents prétraités

Norme Européenne CEN/TR 12566-5, Petites installations de traitement des eaux usées jusqu'à 50 EH

AKRATOS, C. S., Papaspyros, J. N. E., & Tsihrintzis, V. a. (2008): An artificial neural network model and design equations for BOD and COD removal prediction in horizontal subsurface flow constructed wetlands. *Chemical Engineering Journal*, 143 (1-3), 96–110

ALEXANDRE O., Torterotot J-P., Victoire R., (2007) : Stations d'épuration des petites collectivités : Méthodologie et analyse des coûts d'investissement et d'exploitation par unité fonctionnelle. Edition QUAE. 114p

BAVOR, H.F, et al. (1987): Nutrient Removal Using Shallow Lagood-Solid Matrix Macrophyte Systems. *Aquatic Plants for Water Treatment and Resource Recovery*. Eds. K.R. Reddy and W.H. Smith. Orlando, FL: Magnolia Publishing, 228-36.

BERNIER, B. (2010) : Guide pour l'étude des technologies conventionnelles du traitement des eaux usées d'origine domestique. Chap 5. marais artificiels. Gouvernement Canadien

BRIX H., (2003): Plants used in constructed wetlands and their functions, Dep. of plant ecology University of Aarhus Denmark

CLAESSENS J., Gruloos Ph., Roger France J-F., (2007) : Dimensionnement des installations d'évacuation des eaux usées et des eaux pluviales – Institut Supérieur d'Architecture. Faculté de Saint Luc

Commission Européenne, (2001) : Aménagement du Territoire et de l'Environnement Guide des procédés extensifs des eaux usées adaptés aux petites et moyennes collectivités, France

CSTC (1996) : Installations sanitaires – Ière Partie : Installations pour l'évacuation des eaux usées dans les bâtiments. Note d'Information Technique 200. Proposition de règlement Sanitaire

CSTB, (2007) : Règles de calcul des installations de plomberie sanitaire et des installations d'évacuation des eaux pluviales. CD-DTU V2 Edition 150 – Décembre 2007. 21p

DURAND A. et Golicheff A., (1978) : Etude des composants des eaux usées domestiques, *La Technique de l'Eau et de l'Assainissement*, N 383

EPA, (2002): Onsite Wastewater Treatment System Manual. EPA/625/R-00/008. 367p

FONDER N., (2010) : Hydraulic and removal efficiencies of horizontal flow treatment wetlands. PhD thesis. Gembloux, Belgium. ULG, Gembloux Agro-Bio Tech. 191p

GERSBERG, R.M. and Goldman, C.R. (1983) : Nitrogen removal in artificial wetlands, *Wat.Res.*, 17, 1009-1014

GIZ, Fiches techniques sur les filtres plantés, (2016) : <http://www.agire-maroc.org/activites/assainissement-et-reutilisation-des-eaux->



usees/catalogue-des-solutions-dassainissement-et-de-reutilisation-en-milieu-rural-02-juin-2015.html

GODART, (2011) : Assainissement non collectif, Ed Techniques de l'Ingénieur. C3842. 26p.

HOFFMAN, H., Platzer, C., von Münch, E., Winker, M., (2011): Technology review of constructed wetlands - Subsurface flow constructed wetlands for greywater and domestic wastewater treatment. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Eschborn, Germany. <http://www.susana.org/en/resources/library/details/930>

HUDCOVA, T., Vymazal, J., & Dunajský, M. K., (2012) : Reconstruction Of A Constructed Wetland With Horizontal Subsurface Flow After 18 Years Of Operation. 13th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control

KADLEC, R.H., (2009) : Wallace Scott D., TREATMENT WETLANDS, SECOND EDITION, 1048 pages

KADLEC, R.H., Knight, R.L., (1996): Treatment wetlands. Lewis Publishers, Boca Raton, New York, London, Tokyo.

LANGERGRABER G. et al., (2009): Recent developments in numerical modelling of subsurface flow constructed wetlands, Science of the Total Environment 407, 3931-3943

LESAGE, E. (2006): Behaviour of heavy metals in constructed treatment wetlands. PhD thesis. Faculty of Bioscience Engineering, Ghent University, Ghent, Belgium 247pp.

LIOLIOS, K. a., Moutsopoulos, K. N., & Tsihrintzis, V. a. (2012) : Modeling of flow and BOD fate in horizontal subsurface flow constructed wetlands. Chemical Engineering Journal, 200-202, 681–693

MAGE (Mission d'Assistance à la Gestion de l'eau de la Loire), (2007) : Stations d'épuration des petites collectivités – Recommandations issues du retour d'expérience M.A.G.E.

Ministère de l'Environnement du Québec, (2001) : Guide pour l'étude des technologies conventionnelles de traitement des eaux usées d'origine domestique

PETIT G. et Cleyrergue M. (1976) : Typologie des effluents issus des résidences unifamiliales. Synthèse des résultats de mesures – Conclusions. Centre d'études et de recherches des services opérationnels d'assainissement en France (CERSOAF), France

PHILIP H., Maunoir S., Rambaud A. (2008) : La fosse septique : le réacteur anaérobie le plus répandu en France. L'Eau, l'Industrie, les Nuisances, N° Thématique « Les traitements anaérobies », pp. 42-44

RĚDDY K.R. et al (1989): Nitrification-denitrification at the plant root-sediment interface in wetlands. Limnol. Oceanogr. 34:1004-1013

SCHMAGER C. and Heine A. (2001): The dimension, operation and efficiency of constructed wetlands –Thirty years of experiences in Germany, in European Water Management, vol.4, n°5, Oct. 2001 pp.50-63

SPW (Service Public de Wallonie), (2012) : Direction de l'Etat Environnemental, Les Indicateurs Clés de l'Environnement Wallon (ICEW). - DGARNE - DEMNA – DEE. Disponible sur le site suivant : <http://etat.environnement.wallonie.be/>

ULRICH A., Reuter S., Gutterer B., (2009): Decentralised wastewater treatment system (DEWATS) and sanitation in developing countries: a practical guide. 367pp.Dewats

US Environmental Protection Agency Office of Research and Development (1988): Constructed Wetlands and Aquatic Plant Systems for Municipal Wastewater Treatment

VALIPOUR, A., Kalyan Raman, V., & Ghole, V. S., (2009): A new approach in wetland systems for domestic wastewater treatment



using *Phragmites* sp. *Ecological Engineering*, 35(12), 1797–1803

VYMAZAL J., (2002): The use of sub-surface constructed wetlands for wastewater treatment in the Czech Republic: 10 years experience. *Ecological Engineering*, 18(5), 633–646

VYMAZAL J., (2005): Horizontal sub-surface flow and hybrid constructed wetlands systems for wastewater treatment, *Ecological Engineering* 25, 478-490

VYMAZAL J., (2008): *Wastewater Treatment, Plant Dynamics and Management in Constructed and Natural Wetlands.* (J. Vymazal, Ed.). Dordrecht: Springer Netherlands. 348pp

VYMAZAL J., (2009): The use constructed wetlands with horizontal sub-surface flow for various types of wastewater. *Ecological Engineering*, 35(1), 1–17

VYMAZAL J., (2010): Constructed Wetlands for Wastewater Treatment. *Water*, 2(3), 530–549.

VYMAZAL J., Kröpfelová, L., (2008): *Wastewater Treatment in Constructed Wetlands with Horizontal Sub-Surface Flow*; Springer: Dordrecht, The Netherlands

VYMAZAL J., & Kröpfelová L., (2009): Removal of organics in constructed wetlands with horizontal sub-surface flow: a review of the field experience. *The Science of the total environment*, 407(13), 3911–3922

WALLACE S.D., (2005): *Constructed Wetlands: Design Approaches – PowerPoint Presentation.* In (M.A. Gross and N.E. Deal, eds.) *University Curriculum Development for Decentralized Wastewater Management.* National Decentralized Water Resources Capacity development Project. University of Arkansas, Fayetteville, AR

WATSON J.T., Reed S.C., Kadlec R.H., Knight R.L. and Whitehouse A.E., (1989): Performance expectations and loading rates for constructed wetlands. In Hammer, D.A. (ed.) *Constructed wetlands for wastewater treatment. Municipal, industrial and agricultural.* Lewis Publishers, Inc., Chelsea, MI. pp. 319-351

WAUTHELET M. et al., (2015) : Demande d’agrément filtre planté 5 20 – GS

WAUTHELET M. (2011) : Guide de dimensionnement, construction et fonctionnement d’un filtre végétalisé, Programme Agire GIZ, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1655>

XANTHOULIS D., et al., (2008) : Les techniques d’épuration des eaux usées à faible coût, Development of teaching and training modules for higher education on lowcost wastewater treatments, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1725>

CWA, Constructed Wetland Association (UK) : <http://www.constructedwetland.co.uk/resources/construction/>

# TOOLBOX

GUIDE DE DIMENSIONNEMENT, DE CONSTRUCTION

ET DE

FONCTIONNEMENT

FILTRE PLANTÉ HORIZONTAL DE PETITE TAILLE

**FONCTIONNEMENT  
ET DE**

**GUIDE DE DIMENSIONNEMENT , DE CONSTRUCTION**

**TOOLBOX**

**FILTRE PLANTÉ HORIZONTAL DE PETITE TAILLE**

## ANNEXE 1

### Coût de construction d'un filtre planté horizontal

Estimation des prix de matériaux de construction et le coût de la main d'œuvre d'un filtre planté et d'un traitement primaire (décanteur/ digesteur) pour 10EH :

Désignation	Unité	Quantité	P.U	Prix Total (MAD)
<b>filtre planté 10 m x 5 m (environ 10 EH)</b>				
blocs béton (40x20x15)	u	400	3,5	1400
ciment cpj45	t	4	1240	4960
Sable	m <sup>3</sup>	6	150	900
gravier concasse G1	m <sup>3</sup>	7	150	1050
fer rond acier 8 mm	t	0,2	8000	1600
Sikalite	kg	3	8	24
gravette 6-10mm	m <sup>3</sup>	25	150	3750
<b>tuyauteries pvc 110 mm</b>				
tuyau pvc 110 mm	ml	25	15	375
coude pvc 110 mm (90°)	u	4	12	48
bouchon pvc 110 mm	u	2	12	24
tes pvc 110 mm	u	2	15	30
colle pvc	kg	1	90	90
<b>matériaux nécessaires au digesteur</b>				
ciment cpj45	t	1,4	1240	1736
Sable	m <sup>3</sup>	2	150	300
gravier concasse G1	m <sup>3</sup>	2,5	150	375
fer rond acier 8 mm	t	0,05	8000	400
buse 200 mm	u	2	20	40
buse 300 mm	u	1	45	45
Sikalite	kg	10	8	80
bitume flintkote	kg	10	10	100
tube galvanise 1/2"	ml	12	20	240
coudes galvanises 1/2"	u	3	5	15
tes 1/2"	u	1	6	6
vanne gaz 1/2"	u	2	30	60
bouchons 1/2"	u	5	2	10
manchons (fem.-fem.) 1/2"	u	4	5	20
mamelon (male-male) 1/2"	u	4	5	20
téflon (rouleau)	u	5	13	65
colliers serrage	u	3	1	3
Clous	kg	1	12	12
argile (isolation thermique)	m <sup>3</sup>	3	25	75
botte de paille (isolation thermique)	u	2	20	40
pellicule plastifiée (bâche)	m <sup>2</sup>	50	6	300
				18193

Tableau 12 : Cout de construction d'un filtre planté horizontal

## ANNEXE 2

### Dimensionnement simplifié du filtre planté horizontal

Le Tableau suivant est un guide de dimensionnement facile, destiné à aider celui qui veut dimensionner son filtre planté de façon grossière, sans calculs, en partant du principe que la profondeur, la pente sont des variables fixées (voir chapitre 3.1 et 3.2). Ils sont basés sur les calculs de la charge hydraulique (voir chapitre 3.3.3).

**N.B :** Ces surfaces sont des surfaces minimales à considérer sans tenir compte d'une évolution dans le temps des consommations en eau et des concentrations de rejet en eaux usées. De plus, le filtre planté peut évoluer vers un moindre rendement dans le temps. Pour cette raison, on considère des surfaces de filtre de 3 m<sup>2</sup>/EH en zones tempérées et des surfaces de 5 m<sup>2</sup> /EH dans les zones avec hiver rigoureux comme très prudentes.

Contexte		1er cas		2ième cas		3ième cas		4ième cas		5ième cas	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Localisation Grande ville</li> <li>Eau courante</li> <li>Toilettes à chasse d'eau</li> <li>Traitement de toutes les eaux usées</li> <li>Système de traitement primaire</li> <li>Consommation importante/EH</li> </ul> =120L/j.EH		<ul style="list-style-type: none"> <li>Localisation ville de banlieue</li> <li>Eau courante</li> <li>Toilettes à chasse d'eau</li> <li>Traitement de toutes les eaux usées</li> <li>Système de traitement primaire</li> <li>Consommation d'eau importante/EH</li> </ul> =100L/j.EH		<ul style="list-style-type: none"> <li>Localisation petite ville de province</li> <li>Eau courante</li> <li>Toilette à chasse d'eau</li> <li>Traitement de toutes les eaux usées</li> <li>Système de traitement primaire</li> <li>Consommation d'eau moyenne / EH</li> </ul> =70L/j.EH		<ul style="list-style-type: none"> <li>Localisation village</li> <li>Eau provient d'une borne fontaine</li> <li>Toilette sans chasse d'eau</li> <li>Traitement de toutes les eaux usées</li> <li>Système de traitement primaire</li> <li>Faible consommation d'eau/EH</li> </ul> =30L/j.EH		<ul style="list-style-type: none"> <li>Localisation petit village</li> <li>Eau provient d'une borne fontaine</li> <li>Toilette sans chasse d'eau</li> <li>Uniquement traitement des eaux grises</li> <li>Pas de système de traitement primaire</li> <li>Faible consommation d'eau/EH</li> </ul> • =15L/j.EH	
		Nombre d'EH	Surface du filtre (m <sup>2</sup> )	Nombre d'EH	Surface du filtre (m <sup>2</sup> )	Nombre d'EH	Surface du filtre (m <sup>2</sup> )	Nombre d'EH	Surface du filtre (m <sup>2</sup> )	Nombre d'EH	Surface du filtre (m <sup>2</sup> )
<ul style="list-style-type: none"> <li>Contexte géographique montagneux</li> <li>Très froid en hiver</li> </ul>	5°C	1EH	3,7	1EH	3,34	1EH	2,7	1EH	1,5	1EH	0,9
		6EH	22,2	6EH	20,1	6EH	16,2	6EH	9,2	6EH	5,5
		15EH	55,4	15EH	50,2	15EH	40,6	15EH	22,9	15EH	13,7
<ul style="list-style-type: none"> <li>Contexte géographique en altitude</li> <li>Assez froid en hiver</li> </ul>	10°C	1EH	2,8	1EH	2,5	1EH	2,0	1EH	1,1	1EH	0,7
		6EH	16,6	6EH	15,0	6EH	12,1	6EH	6,9	6EH	4,1
		15EH	41,4	15EH	37,5	15EH	30,39	15EH	17,1	15EH	10,3
<ul style="list-style-type: none"> <li>Contexte géographique de plaine</li> <li>Conditions plus douces</li> </ul>	15°C	1EH	2,1	1EH	1,9	1EH	1,5	1EH	0,9	1EH	0,5
		6EH	12,4	6EH	11,2	6EH	9,1	6EH	5,1	6EH	3,1
		15EH	31,0	15EH	28,0	15EH	22,6	15EH	12,8	15EH	7,7
<ul style="list-style-type: none"> <li>Contexte géographique de plaine désertique</li> <li>Climat très chaud, même en hiver</li> </ul>	20°C	1EH	1,5	1EH	1,4	1EH	1,1	1EH	0,6	1EH	0,4
		6EH	9,3	6EH	8,4	6EH	6,8	6EH	3,8	6EH	2,3
		15EH	23,1	15EH	20,9	15EH	16,9	15EH	9,6	15EH	5,7

## ANNEXE 3 plans types

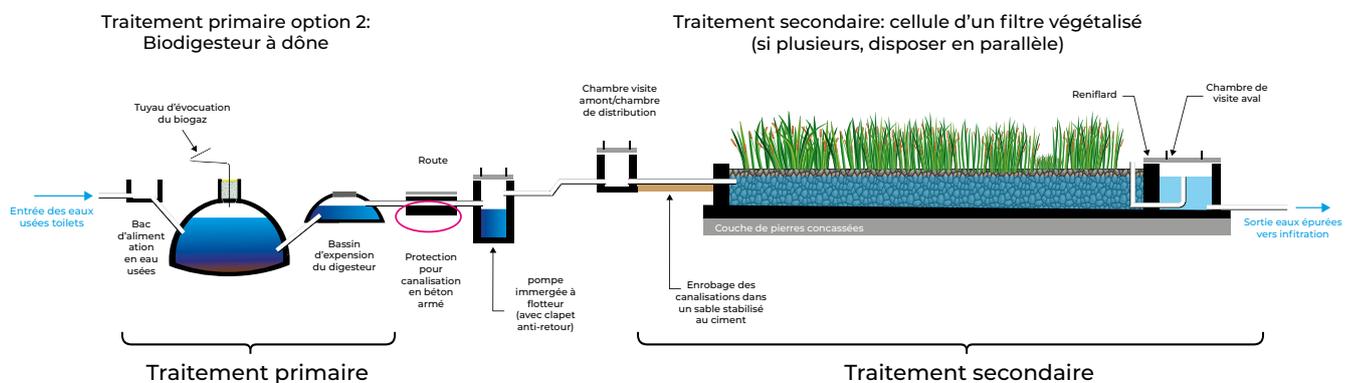


Schéma de l'ensemble de la filière d'épuration avec un digesteur à dôme en traitement primaire et un renforcement des tuyauteries en raison du passage d'une route. Une fosse de relevage est placée pour alimenter le filtre planté

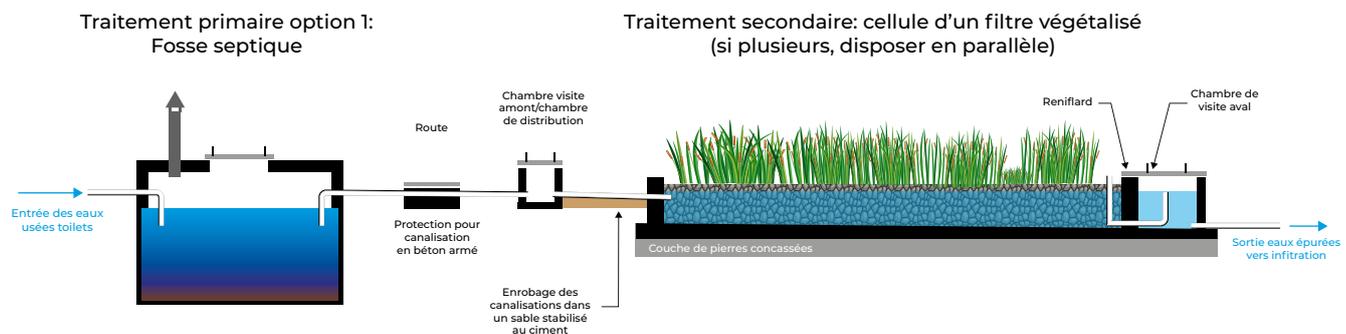
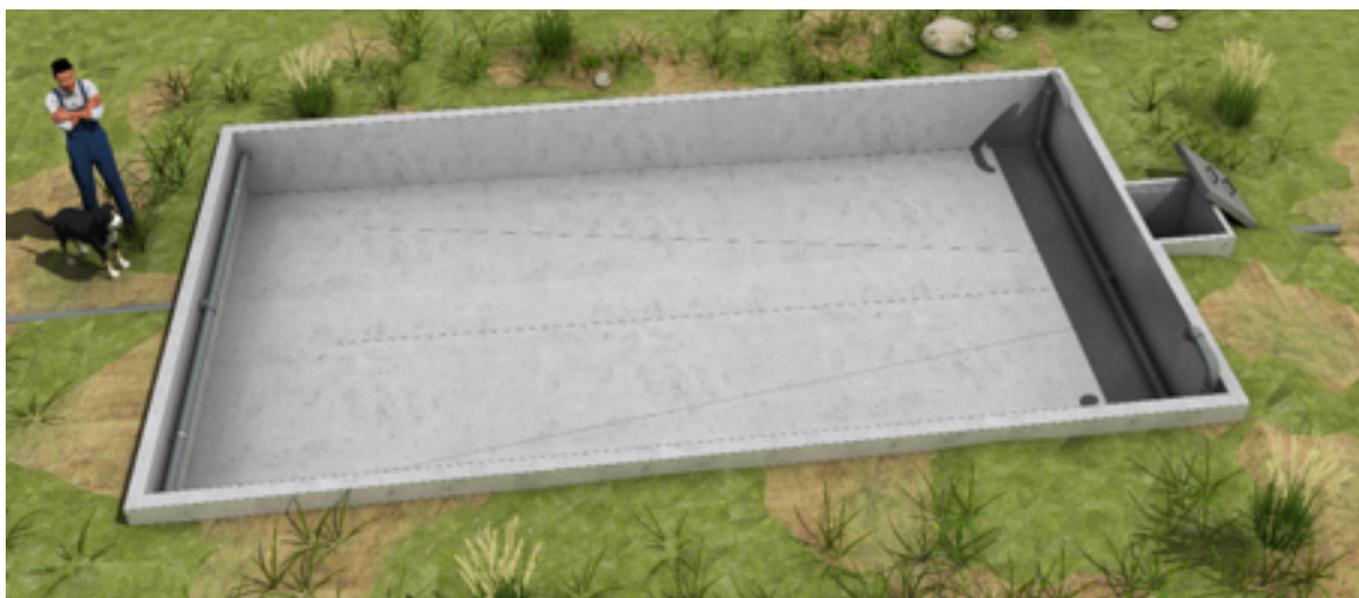
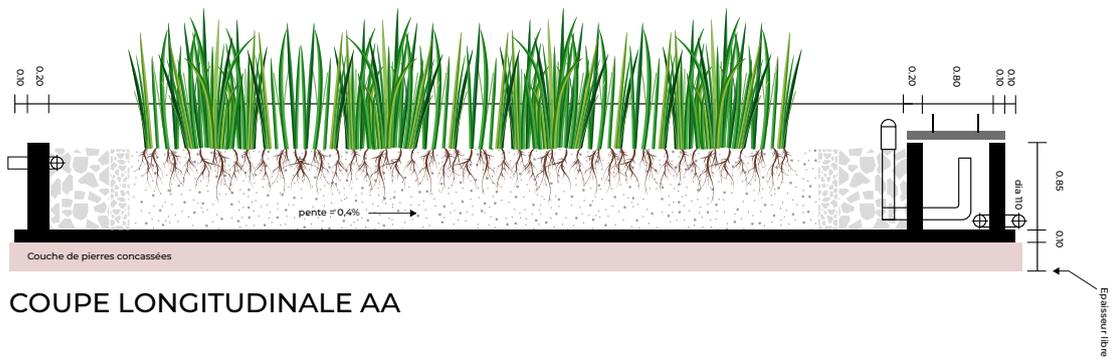
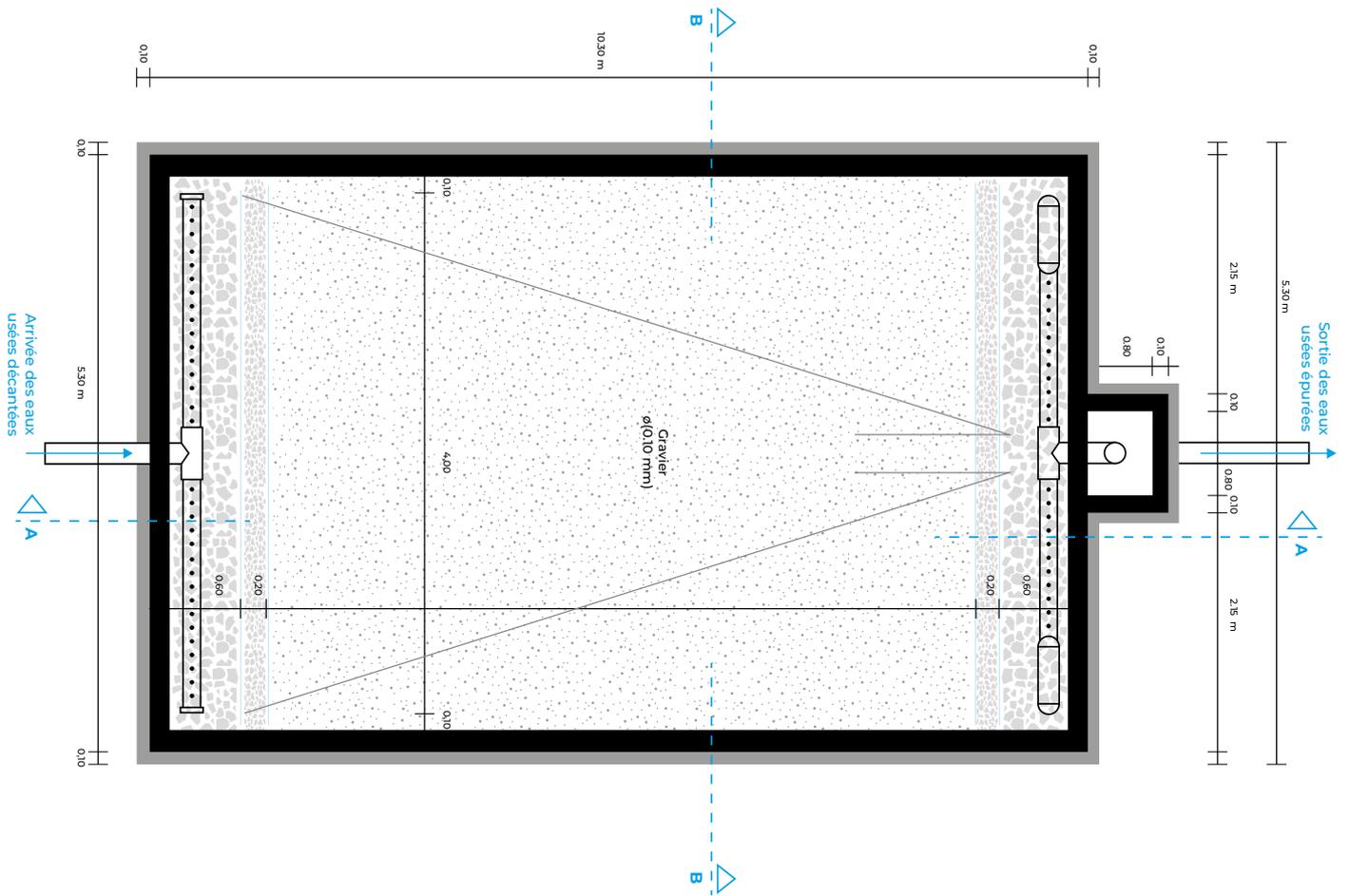


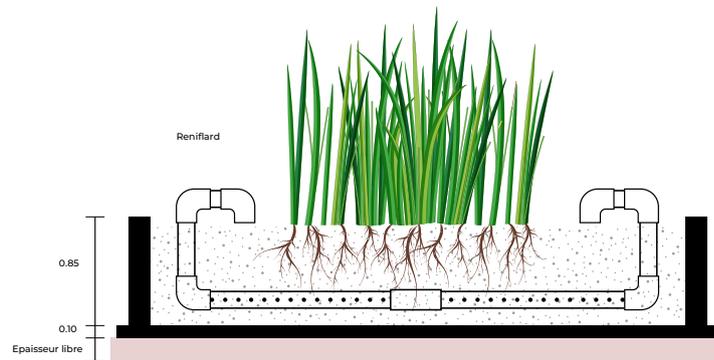
Schéma de l'ensemble de la filière d'épuration avec une fosse septique en traitement primaire



Filtre planté horizontal vide, en attente de la pose du substrat et de la plantation



COUPE LONGITUDINALE AA



COUPE LONGITUDINALE BB

Plan d'type représentant une cellule d'un filtre planté collectif (horizontal, à gravier) de 50m<sup>2</sup> en parpaing pour les murs et en béton armé pour le radier, avec deux coupes AA et BB, dessiné par LIFEMOZ Hamza Iaalou architecte

## ANNEXE 4

### Guide pratique de construction

Les photos reprises dans ce guide ont été prises par la GIZ (Programme AGIRE) sur les sites de Dayet Ifrah en 2012. Elles sont destinées à illustrer les instructions de construction d'un filtre planté horizontal données au chapitre 4.2. Pour construire un filtre planté horizontal, il faut suivre les étapes suivantes :

#### Etape 1

Installation des tuyauteries

Image 1: Préparation d'une tranchée pour la conduite des eaux usées depuis l'habitation vers le lieu de traitement



Image 2 - Arrivée des eaux usées au niveau de ce qui sera le système de traitement primaire (décanteur/digesteur)



Image 3 - Le tuyau PVC est placé dans la tranchée et enrobé d'une couche de sable stabilisé au ciment



#### Etape 2

Préparation de la zone : mur de soutènement, hérissonnage et installation des armatures pour le béton armé de la dalle de fond

Image 4: Terrassement de l'emplacement du filtre



Image 5: Mur de soutènement réalisé en pierre



Image 6: Hérissonnage ( disposition d'une couche de moellons)



Image 7: Finalisation du terrassement avec hérissonnage



Image 8: Ligature des fers à béton entre eux pour faire une bonne armature pour le béton armé du radier du filtre planté



Image 9: Détail de la manière de ligaturer des fers à béton



Image 10: Placement des fers à béton destiné au béton armé du radier du filtre planté



Image 11: Vue de la fondation avant de couler le béton de radier



Image 12: Coulage du béton du radier (dalle de fond) directement sur les moellons



### Etape 3

Coulage du radier en béton armé

Image 13: Pose de béton au bord du filtre pour la première rangée de briques



Image 16: Renforcement des angles des parois avec des fers béton de 8mm à chaque niveau de blocs



Image 17: Un enduit de finition à but esthétique est appliqué sur l'extérieur des parois du filtre



### Etape 4

Construction des murs et enduit étanche

Image 14: Construction des parois du filtre planté en parpaings



Image 15: Les parois du filtre sont montées à l'aide de parpaings en béton remplis de mortier



Image 18: Le bassin du filtre en construction



Image 19: Les tuyaux PVC sont intégrés dans les murs du bassin



Image 20: Construction de la chambre de visite aval du filtre



Image 23: Enduit étanche à l'intérieur du bassin



Image 21: Préparation de l'enduit imperméabilisant (lait de ciment avec un peu de Sikalite)



Image 24: Bassin terminé et enduit



Image 22: Enduisage de l'intérieur du bassin afin de le rendre étanche à l'eau



Image 25: Préparation du drain et du système de répartition



## Etape 5

### Installation du système de drains

Image 26: Placement provisoire d'une bâche plastique au fond du bassin pour empêcher le dessèchement trop rapide du bassin



Image 27: Drain avant son placement dans le bassin



Image 28: Installation du drain à la sortie du filtre



## Etape 6

### Remplissage des graviers

Image 29: Le gravier fin est déversé dans la partie centrale du filtre



Image 30: Déversage du gravier dans le bassin du filtre



Image 31: Placement des graviers dans le bassin du filtre



Image 32: Placement des gravier dans le bassin du filtre



Figure 35 - Placement des graviers dans le bassin



Image 33: Technique de répartition des différentes granulométries de gravier



Image 34: Technique de répartition des différentes granulométries de gravier



Figure 36 - Bassin du filtre avec trois couches verticales du filtre de graviers de granulométrie différente



### Etape 7

Installation du système de répartition des eaux usées et des reniflards du drain, et mise en eau du filtre

Image 37: Installation des reniflards



Image 38: Ajustement du tuyau d'alimentation



Image 39: Ajustement de la disposition des galets à l'entrée du bassin



Image 40: Le tuyau de répartition est scrupuleusement ajusté à l'horizontale



Image 41: Le bassin est mis sous eaux et la chambre de visit en sortie du filtre est également sous eaux. L'angle d'inclinaison du tuyau de sortie règle le niveau d'eau dans le bassin

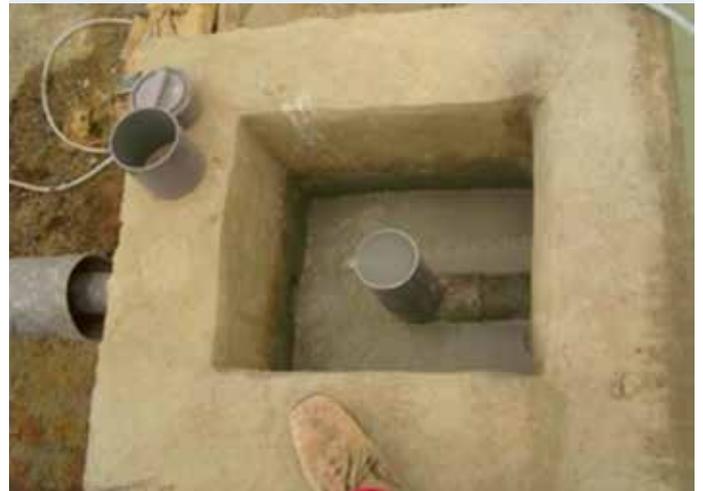


Image 42: Le système de répartition est placé et le filtre est sous eaux



## Etape 8

### Plantation du filtre

Image 43: Plantation du filtre. Disposition des plants en quinconce, séparés entre eux de 40 cm



Image 44: Vue des roseaux qui sont plantés



Image 47: Vue du filtre planté terminé avec phragmites bien développées



Image 45: Vue de filtre planté terminé nouvellement planté



Image 46: Vue du filtre planté terminé nouvellement planté



# TOOLBOX

GUIDE DE DIMENSIONNEMENT, DE CONSTRUCTION

ET DE

FONCTIONNEMENT

FILTRE PLANTÉ HORIZONTAL DE PETITE TAILLE

FONCTIONNEMENT  
ET DE

FILTRE PLANTÉ HORIZONTAL DE PETITE TAILLE

GUIDE DE DIMENSIONNEMENT , DE CONSTRUCTION

TOOLBOX

## **Programme d'Appui à la Gestion Intégrée des Ressources en Eau-AGIRE-**

Ministère Délégué auprès du Ministre de l'Energie , des Mines de l'Eau et de l'Environnement chargé de l'Eau

**[www.water.gov.ma](http://www.water.gov.ma)**



